

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 2 月 2 5 日
Date of Application:

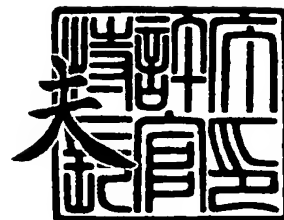
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 4 7 2 9 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 4 7 2 9 0]

出 願 人 株式会社日立ハイテクノロジーズ
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 NT02P1032

【提出日】 平成15年 2月25日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G06T 7/60

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 宮本 敦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 奥田 浩人

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 本田 敏文

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 高木 祐治

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立
製作所 生産技術研究所内

【氏名】 広井 高志

【特許出願人】

【識別番号】 501387839

【氏名又は名称】 株式会社日立ハイテクノロジーズ

【代理人】**【識別番号】** 100068504**【弁理士】****【氏名又は名称】** 小川 勝男**【電話番号】** 03-3661-0071**【選任した代理人】****【識別番号】** 100086656**【弁理士】****【氏名又は名称】** 田中 恭助**【電話番号】** 03-3661-0071**【先の出願に基づく優先権主張】****【出願番号】** 特願2002-148980**【出願日】** 平成14年 5月23日**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 081423**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0211200**【包括委任状番号】** 0211201**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 欠陥分類器の生成方法および欠陥自動分類方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

任意の欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類するための欠陥分類器の生成方法であって、

任意の試料上の欠陥サンプル群を少なくとも任意の欠陥検査装置により検査してサンプル検査情報を取得する検査情報取得ステップと、

画面上において該検査情報取得ステップにより取得されたサンプル検査情報を基に前記任意の試料上における欠陥サンプル群の欠陥属性分布の状態を表示する表示ステップと、画面上において該表示された欠陥属性分布の状態に基づき、欠陥サンプル群の分類クラス要素を分岐要素を介して階層的に展開する決定木における各分岐要素毎に個別の分類ルールを設定する分類ルール設定ステップとを含む決定木設定ステップとを有することを特徴とする欠陥分類器の生成方法。

【請求項 2】

前記表示ステップにおいて、前記欠陥属性分布の状態における欠陥属性として、画像特徴量、欠陥分類結果、欠陥座標、組成分析結果、着工来歴、装置 Q C、ウェハ上において検出された欠陥位置の分布に関する情報、および欠陥数の少なくとも一つまたは二つ以上の組み合わせから成ることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 3】

前記表示ステップにおいて、前記欠陥属性分布の状態として、少なくとも欠陥分布マップ及び特徴量と頻度との関係を示すグラフであることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 4】

前記表示ステップにおいて、前記欠陥属性分布の状態として、前記決定木における各分岐要素毎に分類されるカテゴリに属する教示欠陥サンプル群によって決められる複数の属性を組み合わせた多次元グラフであることを特徴とする請求項 1 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 5】

少なくとも一つの欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類するための欠陥分類器の生成方法であって、

任意の試料上の欠陥サンプル群を複数の欠陥検査装置により検査して複数のサンプル検査情報を取得する検査情報取得ステップと、

該検査情報取得ステップにより取得された複数のサンプル検査情報を画面上においてほぼ同時に表示し、これを閲覧して欠陥サンプル群の分類クラス要素を決定するレビューステップと、

画面上において該レビューステップで決定された分類クラス要素を基に分類クラス要素を分岐要素を介して階層的に展開される決定木を指定する決定木指定ステップと、画面上において前記検査情報取得ステップにより取得された少なくとも一つのサンプル検査情報を基に前記指定された決定木における各分岐要素毎に個別の分類ルールを設定する分類ルール設定ステップとを含む決定木設定ステップとを有することを特徴とする欠陥分類器の生成方法。

【請求項 6】

前記レビューステップにおいて、前記ほぼ同時に閲覧される複数のサンプル検査情報として、少なくとも複数の欠陥分布マップおよび該各欠陥分布マップ上において指定された欠陥サンプルの欠陥画像であることを特徴とする請求項 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 7】

前記分類ルール設定ステップにおいて、前記一つのサンプル検査情報として、前記決定木における各分岐要素毎に分類されるカテゴリに属する教示欠陥サンプル群によって決められる複数の属性を組み合わせた多次元グラフであることを特徴とする請求項 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 8】

前記検査情報取得ステップにおいて、前記任意の欠陥検査装置は、光学式あるいは S E M 式の異物検査装置やパタン検査装置、欠陥レビュー装置、走査探針顕微鏡、および元素分析装置の少なくとも一つまたは二つ以上の組み合わせから成

ることを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 9】

前記決定木設定ステップにおいて、さらに前記画面上において前記決定木における各分岐要素毎において分離される各分類クラスに属する欠陥サンプル群間の属性空間上での属性の分離度を可視化して評価する欠陥属性分布の分離度評価ステップを含むことを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 0】

前記決定木設定ステップにおいて、さらに前記画面上において前記決定木における各分岐要素毎に分類されるカテゴリに属する教示欠陥サンプル群を教示して表示できる教示ステップを含むことを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 1】

前記分類ルール設定ステップにおいて、前記決定木における各分岐要素毎に個別の分類ルールがルールベース型分類又は／及び教示型分類であることを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 2】

前記分類ルール設定ステップにおいて、前記決定木におけるある分岐要素の分類ルールがルールベース型分類の場合、前記画面上においてルールベース型分類をするための複数の属性が満たす条件文を設定できるようにしたことを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 3】

前記分類ルール設定ステップにおいて、前記決定木におけるある分岐要素の分類ルールが教示型分類の場合、前記画面上において教示型分類をするための属性を指定できることを特徴とする請求項 1 又は 5 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 4】

任意の試料上の欠陥サンプル群を複数の欠陥検査装置により検査して複数のサンプル検査情報を取得する検査情報取得ステップと、

画面上において、該検査情報取得ステップにより取得された複数のサンプル検査情報の各々から得られる複数の欠陥分布状態を示すマップをほぼ同時に並べて

表示し、さらに前記マップ上において指定された複数の欠陥サンプルに対する欠陥画像および属性をほぼ同時に並べて表示する表示ステップとを有することを特徴とする欠陥レビュー方法。

【請求項 1 5】

第一の欠陥検査装置による検査後に検査が行われる第二の欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類するための第二の欠陥分類器の生成方法であって、

前記第二の欠陥分類器を、前記第一および第二の欠陥検査装置により任意の試料上の欠陥サンプル群を検査して取得されたサンプル検査情報の一部あるいは全てを用いて生成または変更することを特徴とする欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 6】

第二の欠陥検査装置による検査前に検査が行われる第一の欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類するための第一の欠陥分類器の生成方法であって、

前記第二の欠陥検査装置における第二の欠陥分類器により分類される欠陥分類クラスが、前記第一の欠陥分類器により分類される欠陥分類クラスの部分集合あるいはそれに類似した分類となるように、前記第一の欠陥分類器を生成または変更することを特徴とする欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 7】

前記欠陥分類器が、分類クラス要素を分岐要素で展開される決定木で構成されることを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 8】

少なくとも第一及び第二の欠陥検査装置の組み合わせにより試料上の欠陥サンプル群を検査して第一及び第二の検査情報を取得する検査情報取得ステップと、

該検査情報取得ステップで取得された第一及び第二の検査情報を参照して前記第一及び第二の欠陥検査装置の検査順序に応じて第一又は第二の欠陥分類器を生成する欠陥分類器生成ステップとを有することを特徴とする欠陥分類器の生成方法。

【請求項 1 9】

前記欠陥分類器生成ステップにおいて、前記第一又は第二の欠陥分類器を生成する際、前記試料上の欠陥サンプル群に対する前記第一の欠陥検査装置における欠陥分類クラスと前記第二の欠陥検査装置における欠陥分類クラスとの間の包含関係を図あるいは表で表示する表示ステップを含むことを特徴とする請求項 1 8 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 2 0】

前記欠陥分類器生成ステップにおける前記検査情報の参照において、前記検査情報が得られていない欠陥サンプルに関して、前記検査情報を他の欠陥サンプルにおける検査情報で代用あるいは補間することを特徴とする請求項 1 8 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 2 1】

前記他の欠陥サンプルは、欠陥サンプル群の空間的な分布、または欠陥分類結果あるいは各種検査情報を基に行われるクラスタリングより得られた各クラスと、前記検査情報が得られていない欠陥サンプルとの帰属度に基づいて選択されることを特徴とする請求項 2 0 記載の欠陥分類器の生成方法。

【請求項 2 2】

欠陥検出装置により被検査試料上の欠陥サンプル群を検査して第一のサンプル検査情報を取得する第一の検査情報取得ステップと、

該第一の検査情報取得ステップで取得された第一のサンプル検査情報を基に欠陥サンプル群を調整前の粗欠陥分類器により調整前の第一の欠陥分類クラスに分類する調整前粗欠陥分類ステップと、

欠陥レビュー装置により前記試料上の欠陥サンプル群から選ばれたレビュー用欠陥サンプル群を検査して第二のサンプル検査情報を取得する第二の検査情報取得ステップと、

該第二の検査情報取得ステップで取得された第二のサンプル検査情報を基にレビュー用欠陥サンプル群を調整前の詳細欠陥分類器により調整前の第二の欠陥分類クラスに分類する調整前詳細欠陥分類ステップと、

前記第一及び第二の検査情報取得ステップで取得された第一及び第二のサンプル検査情報を基に、前記調整前詳細欠陥分類ステップで分類された調整前の第二

の欠陥分類クラスを前記調整前粗欠陥分類ステップで分類された調整前の第一の欠陥分類クラスに対応するように調整して教示用の欠陥分類クラスを作成する教示用作成ステップと、

調整前粗欠陥分類ステップで分類される調整前の第一の欠陥分類クラスが前記教示用作成ステップで作成された教示用の欠陥分類クラスになるように調整して調整後の粗欠陥分類器を生成する粗欠陥分類器生成ステップとを有することを特徴とする欠陥分類器の生成方法。

【請求項 23】

第一の欠陥検査装置によって被検査対象を検査し、その後第二の欠陥検査装置によって被検査対象を検査して被検査対象に発生した欠陥を分類する欠陥自動分類方法であって、

前記第一の欠陥検査装置における第一の欠陥分類器により分類される欠陥分類クラスと前記第二の欠陥検査装置における第二の欠陥分類器により分類される欠陥分類クラスとの関係を基に、前記第一の欠陥検査装置における各欠陥分類クラス毎に検査サンプルをサンプリングする割合を決定する検査サンプル決定ステップと、

該検査サンプル決定ステップで各欠陥分類クラス毎に決定したサンプリングする割合に応じた検査サンプルを第二の欠陥検査装置において検査して欠陥を分類する検査ステップとを有することを特徴とする欠陥自動分類方法。

【請求項 24】

第一の欠陥検査装置によって被検査対象を検査し、その後第二の欠陥検査装置によって被検査対象を検査して被検査対象に発生した欠陥を分類する欠陥自動分類方法であって、

前記第一の欠陥検査装置における第一の欠陥分類器により検査サンプルに対する分類される各欠陥分類クラスへの信頼性に応じて各欠陥分類クラス毎に検査サンプルをサンプリングする割合を決定する検査サンプル決定ステップと、

該検査サンプル決定ステップで被検査対象に対する各欠陥分類クラス毎に決定したサンプリングする割合に応じた検査サンプルを第二の欠陥検査装置において検査して欠陥を分類する検査ステップとを有することを特徴とする欠陥自動分類

方法。

【請求項 25】

任意の試料上の欠陥サンプル群を少なくとも任意の欠陥検査装置により検査してサンプル検査情報を取得する検査情報取得ステップと、画面上において該検査情報取得ステップにより取得されたサンプル検査情報を基に前記任意の試料上における欠陥サンプル群の欠陥属性分布の状態を表示する表示ステップと画面上において該表示された欠陥属性分布の状態に基づき、欠陥サンプル群の分類クラス要素を分岐要素を介して階層的に展開する決定木における各分岐要素毎に個別の分類ルールを設定する分類ルール設定ステップとを含む決定木設定ステップとを有し、欠陥分類器を生成する欠陥分類器生成過程と、

該欠陥分類器生成過程で生成された欠陥分類器を用いて任意の欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類する欠陥分類過程とを有することを特徴とする欠陥自動分類方法。

【請求項 26】

任意の試料上の欠陥サンプル群を複数の欠陥検査装置により検査して複数のサンプル検査情報を取得する検査情報取得ステップと、該検査情報取得ステップにより取得された複数のサンプル検査情報を画面上においてほぼ同時に表示し、これを閲覧して欠陥サンプル群の分類クラス要素を決定するレビューステップと、画面上において該レビューステップで決定された分類クラス要素を基に分類クラス要素を分岐要素を介して階層的に展開される決定木を指定する決定木指定ステップと、画面上において前記検査情報取得ステップにより取得された少なくとも一つのサンプル検査情報を基に前記指定された決定木における各分岐要素毎に個別の分類ルールを設定する分類ルール設定ステップとを含む決定木設定ステップとを有し、欠陥分類器を生成する欠陥分類器生成過程と、

該欠陥分類器生成過程で生成された欠陥分類器を用いて少なくとも一つの欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類する欠陥分類過程とを有することを特徴とする欠陥自動分類方法。

【請求項 27】

同一あるいは同種の欠陥サンプルに対して複数の欠陥検査装置間で同一の欠陥解析の基準となるように、少なくとも一つの欠陥検査装置において前記欠陥サンプルから得られる画像に対して画像処理手順あるいは画像処理パラメータを調整し、該調整された画像を基に欠陥分類器により欠陥を分類することを特徴とする欠陥自動分類方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体製造過程での半導体ウェハなどの試料上に発生する異物や欠陥を自動分類するための欠陥分類器の生成方法並びに生成された欠陥分類器を用いて欠陥を自動分類する欠陥自動分類方法およびそのシステムに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体デバイスは、基板となるウェハに対して、露光・現像・エッチング等の複数の処理を行うことにより製造され、その複数の処理工程のうちの所定の処理工程での処理後に、光学式あるいはS E M（Scanning Electron Microscope：走査電子顕微鏡）式の異物検査装置やパタン検査装置を用いて欠陥位置や大きさの検査が行われる。検出欠陥数は製造プロセスの状態に依存するものの、1ウェハあたり数百から数千に及ぶことがあり、これらの欠陥検査装置においては高速な欠陥検出が要求される。以後、これらの欠陥検出を行う欠陥検査装置を総称して欠陥検出装置と呼ぶ。

【 0 0 0 3 】

それに対し、前記欠陥検出装置による検査後に、より撮像倍率の高い光学式、あるいはS E M式の欠陥レビュー装置を用い、欠陥検出装置において検出された欠陥に対し、詳細な再検査を行うことがある。ただし、欠陥検出装置において検出された欠陥サンプルを全て詳細検査することは時間的な制約から現実的ではなく、前記欠陥検出装置において検出された欠陥集合をサンプリングし、その部分集合に対し詳細検査は行われる。以後、これら欠陥レビュー検査を行う欠陥検査装置を総称して欠陥レビュー装置と呼ぶ。また、欠陥検出装置と欠陥レビュー装

置、更に走査探針顕微鏡（Scanning Probe Microscope：S P M）や元素分析装置等の検査装置を合わせて欠陥検査装置と総称する。

【 0 0 0 4 】

欠陥レビュー装置においては、欠陥検出装置からの欠陥位置情報を基に、自動的に欠陥の拡大画像を取得する機能、すなわち、A D R（Automatic Defect Review）機能や、前記の欠陥拡大画像から、その大きさや形状、テクスチャ（表面の模様）などの詳細情報を得て、欠陥種類を自動分類する機能、すなわち、A D C（Automatic Defect Classification）機能搭載の製品が開発されている。一方、欠陥検出装置においても、処理の高速性を重視した簡易な欠陥粗分類、すなわち R T - A D C（Real Time-ADC）と呼ばれる分類機能を有するものがある。

【 0 0 0 5 】

欠陥を各種検査情報に基づいて自動分類する方法に関しては、パターン認識の分野における多変量解析手法として、古くから多様な手法が研究されている。

古典的な方法論の一つはルールベース型分類と呼ばれる方法である。この方法論においては、分類対象である画像から各種画像特徴量を抽出し、システムに組み込んだ“if-then”式のルールに基づいて、画像特徴量の値を判定することにより、欠陥を欠陥クラスの一つに分類する。ルールベース型分類は、分類する欠陥クラス及びルールが固定で、ユーザの要求に柔軟に対応できない反面、教示データが不要であるため、生産プロセス立ち上げ時より使用可能である、という利点がある。

【 0 0 0 6 】

また、他の古典的な方法論の一つは学習型分類と呼ばれる方法である。この方法論においては、教師画像を事前に収集し、これを学習することにより、分類ルールを最適化する（ニューラルネット等）。学習型分類はユーザの要求に応じた柔軟な分類が可能となる可能性がある反面、一般に良好な性能を得るためには、教示データを大量に収集する必要があるため、生産プロセス立ち上げ時には実質的に使用できない、という問題がある。逆に、少数の教示データのみを用いた場合には、過学習と呼ばれる教示データに対する学習の過剰適合現象が生じて性能が低下することが知られている。

【 0 0 0 7 】

また、上述のルールベース型分類と学習型分類を併用する構成として、特開 2 0 0 1 - 1 3 5 6 9 2 号公報には、ハイブリッドで一様に適用可能な自動欠陥分類法が開示されている。

【 0 0 0 8 】

更に、欠陥分類に関する従来技術としては、特開平 1 1 - 3 4 4 4 5 0 号公報、特開 2 0 0 1 - 9 3 9 5 0 号公報、特開 2 0 0 1 - 1 2 7 1 2 9 号公報、特開 2 0 0 1 - 2 5 6 4 8 0 号公報、特開 2 0 0 1 - 3 3 1 7 8 4 号公報、特開 2 0 0 2 - 1 4 0 5 4 号公報及び特開 2 0 0 2 - 9 0 3 1 2 号公報が知られている。

【 0 0 0 9 】**【特許文献 1】**

特開 2 0 0 1 - 1 3 5 6 9 2 号公報

【特許文献 2】

特開平 1 1 - 3 4 4 4 5 0 号公報

【特許文献 3】

特開 2 0 0 1 - 1 2 7 1 2 9 号公報

【特許文献 4】

特開 2 0 0 1 - 1 3 4 7 6 3 号公報

【特許文献 5】

特開 2 0 0 1 - 2 5 6 4 8 0 号公報

【特許文献 6】

特開 2 0 0 1 - 3 3 1 7 8 4 号公報

【特許文献 7】

特開 2 0 0 2 - 9 0 3 1 2 号公報

【 0 0 1 0 】**【発明が解決しようとする課題】**

しかしながら、前記ルールベース型分類、あるいは学習型分類、あるいはそれらの組み合わせからなる欠陥分類器が出力する分類結果が、ユーザの分類要求に対して一致していなかったとしても、システム内部の分類基準を補正することは

容易でない。すなわち、前記ルールベース型分類において、分類の判断基準として用いられる各種属性の意味するところが不明瞭であれば、ユーザが自身の分類要求に対し、各種属性の選択、閾値設定といったカスタマイズを行うことは困難である。また、学習型分類において分類ルールを自動生成する場合においても、不用意に多くの属性を特徴量として用意すれば、学習の自由度が増大し、少数の教示データに過剰適合した過学習が発生する危険性がある。そのため、より多くの教示サンプル数を要することになる。ルールベース型分類と学習型分類を組み合わせる構成においても同様の課題が存在し、さらに前記組み合わせに関しても適切な構成の決定方法が課題となる。

【 0 0 1 1 】

欠陥検査装置から得られる欠陥の属性には、画像特徴量をはじめ、欠陥座標、組成分析結果、着工来歴、装置 Q C (Quality Control) あるいはウェハ上において検出された欠陥位置の分布に関する情報や欠陥数等が挙げられ、かつ光学式あるいは S E M 式の異物検査装置やパターン検査装置、欠陥レビュー装置、S P M、元素分析装置等の複数の異種欠陥検査装置から取得された属性が参照可能な場合もある。欠陥自動分類は前記属性を判断基準として行うが、ユーザにとって、これら大量の属性をどのように用い、期待する欠陥分類基準を満足する欠陥分類器を生成するかは大きな課題である。

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、上記課題を解決すべく、適切なユーザサポートに基づく、ユーザの分類要求の明確化、欠陥分類クラスの生成及び前記欠陥分類クラスへの分類を可能とする欠陥分類器の生成方法並びに生成された欠陥分類器を用いた欠陥自動分類方法及びそのシステムを提供することにある。

【 0 0 1 3 】

また、本発明の他の目的は、さらに、複数の欠陥検査装置による組み合わせ検査における各欠陥検査装置毎の欠陥分類クラスを含む欠陥分類器の生成方法、欠陥自動分類方法及びそのシステム、並びに検査装置間のデータの整合性をとる方法やデータの補間方法を提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るユーザの欠陥分類要求を満足する欠陥分類器を生成するには、まず、各種属性が、前記欠陥分類器における判断基準として有効であるか否かを判断せねばならない。ユーザの分類要求と各種属性の前記分類要求に対する有効度合いとを視覚的に結びつけるための仕組みとして、前記属性を独立に、あるいは必要に応じて組み合わせたり、あるいは任意の変換（任意の複数の属性に対する主成分分析、属性の次元数の圧縮処理、カーネル関数等による任意の変換処理等）を加えた上で、その分布を可視化する機能を有する G U I（Graphic User Interface）を提供する。また、前記属性とは、画像特徴量、欠陥分類結果、欠陥座標、組成分析結果、着工来歴、装置 Q C、およびウェアハ上において検出された欠陥位置の分布に関する情報や欠陥数のうち、少なくとも一つ以上を含むものである。

【0 0 1 5】

一方、本発明に係る欠陥分類器は、複数の分岐によって欠陥クラスを階層的に分類する決定木によって構成する。ユーザは前記決定木における任意の分岐において分割される各欠陥クラスに属する欠陥サンプル間の各種属性毎の分離度を、前記可視化された各種属性の分布状態により把握することができる。各種属性における分離度は、その情報が各分岐における分類基準として有効であるかを判断する指標の一つであり、このような情報に基づいて各種属性を選択的あるいは統括的に活用しながら、決定木の決定、分類ルールを選択あるいはパラメータの制御を行う。これらの処理内容は前記ユーザの欠陥分類要求に基づいて決定される。

【0 0 1 6】

また、本発明は、前記のユーザの分類要求を明確化するため、各種欠陥検査装置における欠陥画像や属性を含む検査情報を取得及び共有し、前記検査情報の同時レビュー画面を有する G U I を提供する。ユーザはこの G U I に基づいて前記検査情報を総合的に把握し、自身の分類要求を明確化することができる。

【0 0 1 7】

また、本発明は、複数の欠陥検査装置、例えば、欠陥検出装置、欠陥レビュー

装置による組み合わせ検査においては、まず、両検査装置から得られた検査情報を選択的あるいは統括的に用いて、ユーザの分類要求に即した欠陥分類クラスを含む欠陥分類器を生成する。次に欠陥検出装置から得られた検査情報のみを用い、前記ユーザの分類要求に即した欠陥分類クラスが部分集合あるいはそれに類似した集合となるような欠陥分類クラスを含む欠陥分類器を生成し、前記欠陥分類クラスを含む欠陥分類器を欠陥検出装置において採用する。このように、欠陥検出装置の欠陥分類クラスを設定することによって、欠陥分類クラス間の階層的な整合性をとることができ、後に行われる欠陥レビュー装置において欠陥分類器の効果的な学習や、効果的なレビューサンプリングが可能となる。

【0018】

また、本発明は、同一あるいは同種の欠陥サンプルに対し、任意の処理画像から得られた属性において、複数の欠陥検査装置間で異なる判定基準となる場合がある。このような場合の整合方法として、ユーザの期待する結果が得られた任意の欠陥検査装置から得られた処理画像あるいは人工的に生成した画像あるいはCADデータ等から教師パターンを生成し、他の欠陥検査装置における同一欠陥画像の処理画像が一致あるいは類似するように、画像処理手順あるいは画像処理パラメータの調整を行うことによって、前記属性を複数の欠陥検査装置間において同一の欠陥解析の判定基準として利用することが可能となる。

【0019】

また、本発明は、複数の欠陥検査装置間において、検査されたサンプルの違いにより、任意の欠陥検査装置において着目する欠陥サンプルの検査情報を参照できない場合は、前記欠陥検査装置における欠陥サンプル群を、欠陥の空間的な分布、あるいは欠陥分類結果、あるいは各種検査情報を基にいくつかのクラスタに分類する。欠陥分布マップ上の任意の座標に対して前記クラスタに属する空間的な帰属度を定義し、同一クラスタに共通あるいは類似する検査情報を同クラスタ内の欠陥サンプルにおいて共通して使用、あるいは同一クラスタ内の欠陥サンプルの検査情報を選択的に利用して着目する欠陥サンプルにおける検査情報を補間することができる。

【0020】

また、上記目的を達成するために、本発明は、任意の試料上の欠陥サンプル群を少なくとも任意の欠陥検査装置により検査してサンプル検査情報を取得する検査情報取得ステップと、画面上において該検査情報取得ステップにより取得されたサンプル検査情報を基に前記任意の試料上における欠陥サンプル群の欠陥属性分布の状態を表示する表示ステップと画面上において該表示された欠陥属性分布の状態に基づき、欠陥サンプル群の分類クラス要素を分岐要素を介して階層的に展開する決定木における各分岐要素毎に個別の分類ルールを設定する分類ルール設定ステップとを含む決定木設定ステップとを有することを特徴とする欠陥分類器の生成方法である。

【0021】

また、本発明は、前記欠陥属性分布の状態として、前記決定木における各分岐要素毎に分類されるカテゴリに属する教示欠陥サンプル群によって決められる複数の属性を組み合わせた多次元グラフであることを特徴とする。

【0022】

また、本発明は、任意の試料上の欠陥サンプル群を複数の欠陥検査装置により検査して複数のサンプル検査情報を取得する検査情報取得ステップと、該検査情報取得ステップにより取得された複数のサンプル検査情報を画面上においてほぼ同時に表示し、これを閲覧して欠陥サンプル群の分類クラス要素を決定するレビューステップと、画面上において該レビューステップで決定された分類クラス要素を基に分類クラス要素を分岐要素を介して階層的に展開される決定木を指定する決定木指定ステップと画面上において前記検査情報取得ステップにより取得された少なくとも一つのサンプル検査情報を基に前記指定された決定木における各分岐要素毎に個別の分類ルールを設定する分類ルール設定ステップとを含む決定木設定ステップとを有することを特徴とする欠陥分類器の生成方法である。

【0023】

また、本発明は、第一の欠陥検査装置による検査後に検査が行われる第二の欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類するための第二の欠陥分類器の生成方法であって、前記第二の欠陥分類器を、前記第一および第二の欠陥検査装置により任意の試料上の欠陥

サンプル群を検査して取得されたサンプル検査情報の一部あるいは全て用いて生成または変更することを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

また、本発明は、第二の欠陥検査装置による検査前に検査が行われる第一の欠陥検査装置において被検査対象に発生した欠陥を検査して取得される検査情報を基に前記欠陥を分類するための第一の欠陥分類器の生成方法であって、前記第二の欠陥検査装置における第二の欠陥分類器により分類される欠陥分類クラスが前記第一の欠陥分類器により分類される欠陥分類クラスの部分集合あるいはそれに類似した分類となるように、前記第一の欠陥分類器を生成または変更することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

また、本発明は、少なくとも第一及び第二の欠陥検査装置の組み合わせにより試料上の欠陥サンプル群を検査して第一及び第二の検査情報を取得する検査情報取得ステップと、該検査情報取得ステップで取得された第一及び第二の検査情報を参照して前記第一及び第二の欠陥検査装置の検査順序に応じて第一又は第二の欠陥分類器を生成する欠陥分類器生成ステップとを有することを特徴とする欠陥分類器の生成方法である。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】

本発明に係る実施の形態について図面を用いて説明する。

【 0 0 2 7 】

1. 環境

本発明は、少なくとも一つ以上の欠陥検査装置において検査情報を取得し、該検査情報を任意の欠陥検査装置から参照することができることを前提とする。前記欠陥検査装置 1 0 1 とは、光学式、あるいは S E M 式の異物検査装置、パタン検査装置、レビュー検査装置、あるいは元素分析装置等の種類の異なる欠陥検査装置、また、同種・異種を問わず検査を行う工程が異なる検査装置、あるいは同種・異種、工程を問わず、機の異なる欠陥検査装置である場合を含む。

【 0 0 2 8 】

図1は、本発明による試料の欠陥自動分類システム及びそのシステムに用いる各欠陥検査装置の構成の一実施例を示すブロック図であり、101a～101n・・・は各任意の欠陥検査装置A～N・・・、102a～102n・・・は各欠陥検査装置101a～101n・・・からの検査情報を処理する処理端末装置A～N・・・、107はデータサーバ、108はデータサーバ107からの情報を処理する処理端末装置である。101、102、107、108間はネットワーク103を介して情報の送受信が可能である。各欠陥検査装置101a～101n・・・からの検査情報は処理端末装置102a～102n・・・で処理され、データサーバ107に管理・共有され、または他の処理処理端末102a～102n・・・あるいはシステム全体（データサーバ用）の処理端末装置108から直接参照される。前記検査情報の、閲覧あるいは処理・解析は、任意の各欠陥検査装置用の処理端末装置102a～102n・・・あるいはシステム用処理端末装置108において検査と同時、あるいはその後に行われる。

【0029】

次に、任意の欠陥検査装置101及び処理端末装置102における検査情報の取得方法、および、その種類に関して詳細を述べる。半導体デバイス製造の所定の処理工程での処理後に、任意の欠陥検査装置101による欠陥検査が行われ、処理端末装置102または108から各種検査情報（各種欠陥分類結果）が得られる。図2は本処理の詳細を示したものである。即ち、図2は、任意の欠陥検査装置を用いた各種検査情報（各種欠陥分類結果）を取得するための処理端末装置102または108における処理動作の一実施例を示すフローチャートである。ステップ201で、まず、任意の欠陥検査装置101において実際のウェハ等の被検査対象及びサンプル検査対象（欠陥分類器120を生成するための試料）上の任意の欠陥位置を検出し、ステップ202で、欠陥位置と参照位置にステージ（図示せず）を移動してそれぞれ撮像を行って画像信号を検出し、該検出された画像信号をデジタル画像信号に変換し、該変換されたデジタル画像信号を処理端末装置102または108に提供される。処理端末装置102または108は、ステップ203で、前記撮像された欠陥画像と参照画像とから例えば比較することによって欠陥についての各種画像特徴量の算出を行う。点線で囲んだループ2

0 4 内の各ステップの処理を他の任意の欠陥位置においても繰り返し同様に行い、処理端末装置 1 0 2 または 1 0 8 は、ステップ 2 0 5 で、これらを統合して試料上における欠陥分布情報を得る。ただし、欠陥レビュー装置においては、ステップ 2 0 1 における欠陥検出は、予め外部の異物検査装置またはパタン検査装置が検出した欠陥位置情報を入力とすることで行われる。次に、ステップ 2 0 6 で、別途得られる装置 Q C (Quality Control)、着工来歴といった各欠陥検査装置に固有な検査装置情報（例えば光学式、S E M 式、A F M (原子間力顕微鏡) 式等の情報、分解能および感度に関する情報等）またはウェハに固有なウェハ情報（被検査対象の製造工程に関する情報および回路構造（メモリ領域やロジック領域など）等に関する情報）を得る。処理端末装置 1 0 2 または 1 0 8 は、ステップ 2 0 7 において、ステップ 2 0 5 から得られる試料上の欠陥分布情報やステップ 2 0 3 から得られる各欠陥についての画像特徴量、およびステップ 2 0 6 から得られる検査装置情報・ウェハ情報を結合した検査情報を基に、例えば図 3 に示す処理フローによって得られる本発明に係る生成された欠陥分類器 1 2 0、例えば複数の分岐によって欠陥クラスを階層的に分類する決定木を用いて欠陥分類が行われる。ここで、前記検査情報とは、各種欠陥画像と各種属性のうち少なくとも一つ含むものであり、前記各種欠陥画像とは、実際に欠陥が検出されたか否かを問わず、他の欠陥検査装置を含めて各欠陥検査装置 1 0 1 の検出器において撮像した全ての欠陥画像・参照画像の他に、前記欠陥画像・参照画像に対し任意の画像処理（例えば 2 値化画像処理、膨張・収縮画像処理）を施した処理画像のうち少なくとも 1 つ以上を含むものである。前記欠陥画像・参照画像とは、ウェハ上に検出された欠陥位置と参照位置にそれぞれステージを移動して撮像した画像のことであり、前記参照位置とは、着目する欠陥が存在するチップと異なるチップ（例えば隣接するチップ）上において、前記欠陥位置に対応する位置をさす。ただし、欠陥画像の部分的な周期性を利用して欠陥画像から擬似参照画像を合成する技術が存在し、広く参照画像（欠陥画像と比較するための基準画像）と総称する。また、前記処理画像には、少なくとも 2 つ以上の任意の画像群を任意の画像処理により合成して得られた処理画像を含む。前記各種属性とは、画像特徴量、欠陥分類結果（任意の欠陥サンプルがどの欠陥分類クラスに分類されたかの

結果)、欠陥座標、組成分析結果(任意の欠陥サンプルがどのような組成の組み合わせになっているかの結果)、着工来歴、装置 Q C あるいはウェハ上において検出された欠陥位置の分布に関する情報や欠陥数(以下、欠陥分布情報と呼ぶ)のうち少なくとも 1 つ以上を含むものである。また前記画像特徴量とは、前記各種欠陥画像から得られる欠陥の色合い(テクスチャ等)や大きさ(面積や長さで示される)、形状(異物形状、キズ形状等)、配線パターンに対する欠陥の位置関係(短絡欠陥や断線欠陥等の致命性欠陥で示される位置関係)等の特徴を定量化したもの、あるいは任意の欠陥検査装置により得られた欠陥画像から、任意の異種欠陥検査装置において有効と思われる新たに設計・算出された画像特徴量の全て、または一部を含むものである。

【0 0 3 0】

なお、前記の説明では、欠陥検査装置 1 0 1 が実際の被検査対象及びサンプル検査対象(欠陥分類器 1 2 0 を生成するための試料)を含めてステップ 2 0 2 まで実行し、その後の処理及び欠陥分類器 1 2 0 の生成は処理端末装置 1 0 2、1 0 8 が実行するように説明したが、欠陥検査装置 1 0 1 がステップ 2 0 4、2 0 5 及び 2 0 6 の検査情報(実際の被検査対象及びサンプル検査対象)を得るまでを実行し、該検査情報を基に欠陥分類器 1 2 0 の生成及び該生成された欠陥分類器 1 2 0 に基づいて実際の欠陥分類を行う処理を処理端末装置 1 0 2、1 0 8 で実行してもよい。

【0 0 3 1】

なお、本発明に係る欠陥分類器 1 2 0 は、実際の被検査対象上に発生した欠陥を分類する前に、生成しておくことが必要となる。

【0 0 3 2】

〔第一の実施の形態〕(欠陥検査装置における本発明に係る欠陥分類器 1 2 0 の生成)

第一の実施の形態について説明する。本実施の形態は、半導体ウェハ上の異物や欠陥(以下、特別の場合を除き、これらをまとめて欠陥という)の自動分類に関して、少なくとも一つ以上の欠陥検査装置 1 0 1 から得られた検査情報の同時レビュー方法、及び任意の一台の欠陥検査装置 1 0 1 あるいは処理端末装置 1 0

2、108において採用される本発明に係る欠陥分類器102の生成方法の大きく2つからなる。なお、以降の説明においては、欠陥分類器102の生成は、処理端末装置102a～102nまたは処理端末装置108の何れかで行うものとする。そのために、図1においては、各処理端末装置102、108には、GUI110の機能と欠陥分類器120を生成する機能とを有する計算手段と、該計算手段に接続された記憶手段131、表示手段132及び入力手段133等を備えて構成される。

【0033】

1. 1 処理の流れ

本発明における処理の概略を図3を用いて説明する。まず、各種欠陥検査装置101及び処理端末装置102からの欠陥分類器120を生成するための各種検査情報の取得（ステップ301）は既に行われており、自由にこれを参照することができる。ただし、ここで参照できる情報は、前述のように一台の欠陥検査装置101から得られた検査情報に限らず、光学式あるいはSEM式の欠陥検査装置やパタン欠陥検査装置、SEM式などの欠陥レビュー装置、元素分析装置等の異種欠陥検査装置101による欠陥検査が行われていた場合には、これらの複数台の欠陥検査装置101から取得された欠陥分類器120を生成するための検査情報も必要に応じて参照し、利用することができ、その場合、図1に示す如く、各種欠陥検査装置、例えば欠陥検査装置A（101a）、B（101b）からの検査情報は処理端末装置A（102a）、B（102b）で処理され、ネットワーク103等を利用してデータサーバ107で管理及び共有されるシステム構成が考えられる。即ち、前記システム構成により、処理端末装置102又は108は、ステップ301において、各種欠陥検査装置における欠陥画像や属性を含む検査情報を取得及び共有することが可能となる。

【0034】

次に、処理端末装置102又は108において、前記検査情報を基にユーザ自身が理想的な欠陥分類と考える欠陥分類基準をシステムのサポート（ステップ302）に基づき明確化し、欠陥分類クラスを作成する（ステップ303）。この詳細に関しては後述する。処理端末装置102又は108において、欠陥分類ク

ラスが作成されたら、次にその欠陥分類を実現するシステム内部の欠陥分類器を決定する段階にはいる。該欠陥分類器は複数の分岐によって欠陥を階層的に分類する決定木によって表現され、前記各分岐において個別の分類ルールを設定することによって本発明に係る欠陥分類器 1 2 0 の設計は完了する。

【 0 0 3 5 】

その手順は点線で囲んだループ 3 0 4 内に示される各種ステップから構成される。ループ 3 0 4 は基本的に 5 つのステップ「欠陥分類の決定木決定（ステップ 3 0 5）」「欠陥サンプル教示（ステップ 3 0 6）」「欠陥属性分布の分類度評価（ステップ 3 0 7）」「分類ルールの選択（ステップ 3 0 8）」「分類結果の評価（ステップ 3 0 9）」から成る。ただし、これらのステップのうち、ステップ 3 0 6、3 0 7、3 0 9 は必要がなければ自由にスキップすることができる。例えば、分類ルールを決定するにあたって、欠陥の各種属性の分布を参照する必要がないのであれば、ステップ 3 0 6、3 0 7 は不要である。また、分類結果の評価ステップ 3 0 9 を行わずに次の決定木の決定に進むことも考えられる。また、前記 5 つのステップは必要に応じて順番を変更して行うことが可能である。例えば、最初に全欠陥クラスに対して欠陥サンプルを教示したり、欠陥の各種属性の分離度を基に決定木を決定するといった手順が可能である。さらに、前記 5 つのステップは、一部または全てを自動化あるいは半自動化することが可能である。例えば、ステップ 3 0 7 における属性分布の分離度を数値化し、前記分離度に基づきシステムが自動的に適切な決定木または分類ルールを決定する機能を有し、前記機能を選択的に採用することができる。あるいは、例えば、欠陥分類の決定木決定（ステップ 3 0 5）に関して既にいくつかのパターンがシステムのデータベースに登録されており、前記データベース中から選択、あるいは前記データベースを参考に決定することができる。

【 0 0 3 6 】

処理端末装置 1 0 2 又は 1 0 8 において、ループ 3 0 4 は必要に応じて複数回数行い、全決定木が決定した段階（ステップ 3 1 0）で欠陥分類器（分類ルール） 1 2 0 の生成は終了する。次に各ステップにおける詳細な説明を行う。まず、同時レビューによるシステムのサポート（ステップ 3 0 2）に基づく、欠陥分類

クラス生成（ユーザによる欠陥分類基準の決定）（ステップ 3 0 3）に関して具体的に説明する。

【 0 0 3 7 】

1. 2 同時レビューによる欠陥分類クラスの決定（ステップ 3 0 2、3 0 3）

まずいくつかの欠陥サンプルに関して目視による欠陥分類を行い、欠陥分類クラスを決定するステップ 3 0 3 がある。欠陥分類上、どのような基準でどのような欠陥群が同種または異種欠陥クラスとして分類されることを希望するのかユーザが決定するステップである。欠陥分類クラスを決定するには、まずユーザ自身が自身の欠陥分類基準を明確化する必要がある。また、分類性能上、ユーザの分類基準を完璧に満足する欠陥分類器が設計可能とは限らない。さらに、複数の検査情報間で不整合が生じる場合があり（例えば一方の検査情報からは異物系の欠陥であると判断され、もう一方の検査情報からは虚報であると判断されるような不整合）、欠陥分類に関して統一的な判断をユーザに求めることがある。以上のことを考慮しながら、欠陥分類クラスを決定するには、複数の欠陥検査装置からの検査情報を同時に閲覧することが有効であり（ステップ 3 0 2）、そのための検査情報の同時レビュー画面をユーザに提供する。ウィンドウ 4 0 0 は同時レビュー画面を備えた G U I（Graphic User Interface）1 1 0 の一例を示している。このように、前記取得及び共有化された前記検査情報の同時レビュー画面を有する G U I が提供されることにより、ユーザは、この G U I 1 1 0 に基づいて前記検査情報を総合的に把握し、自身の分類要求を明確化することができる。

【 0 0 3 8 】

前記複数の検査情報の統合的な活用が欠陥解析・分類に有効となるケースは多い。例えば、S E M 式の欠陥検査装置はウェハ下層の欠陥を観測するのが困難であるのに対し、光学式の欠陥検査装置は比較的良好に下層欠陥を観測することができる。一方、ウェハ下層に内在する電氣的欠陥である V C（Voltage Contrast）欠陥に関しては、S E M 式の欠陥検査装置の方が光学式の欠陥検査装置に比べて良好に観測することができる。また、前記 V C 欠陥等においては、視野の大きい（解像度の粗い）欠陥検出装置の方が欠陥を良好に観察できる傾向にあること

が知られている。このように、前記各欠陥検査装置から取得される検査情報には、欠陥の種類に応じてそれぞれ有利・不利な側面が存在しており、これは異種欠陥検査装置間に限らず、同じ欠陥検査装置から得られた検査情報であっても、検出方法や、処理方法の違いによって得られる多種多様な情報は、欠陥解析・分類に有効である。

【 0 0 3 9 】

1. 2. 1 同時レビュー（欠陥分布マップの表示）（ステップ 3 0 2）

以下、欠陥マップの表示方法について図 4 を参照しながら説明する。

【 0 0 4 0 】

図 4 は、検査情報の同時レビュー、欠陥の各種属性の分布表示、欠陥クラス及び分岐の一覧表示ウィンドウの一実施例を示す図である。

【 0 0 4 1 】

複数の検査情報から統一的な見解を得るためには、それらの検査情報を同時に閲覧することが有効である。そのため、図 3 に示すステップ 3 0 2 では、検査情報の同時レビュー画面をユーザに提供している。図 4 のウィンドウ 4 0 0 は図 1 に示す本システム（例えば処理端末装置 1 0 2、1 0 8）における G U I の一例を示している。当然、本システム（例えば処理端末装置 1 0 2、1 0 8）には、G U I 1 2 0 を実現するために、ディスプレイ装置 1 3 2 と、該ディスプレイ装置上の図形や画像を通じて対話する計算機（各種データを記憶する記憶手段 1 3 1 も含む）（図示せず）と、キーボード等の入力手段 1 3 3 とが備えられて構成される。さらに、計算機の中には、本発明に係る検査情報を基にカスタマイズした欠陥分類器 1 2 0 も有することになる。

【 0 0 4 2 】

次に、ステップ 3 0 2 において参照される情報の詳細を述べる。ウィンドウ 4 0 0 に示す G U I は、任意の欠陥検査装置における欠陥分布マップを表示する機能を有しており、複数の欠陥検査装置において検査が行われていた場合には、ウィンドウ 4 0 0 には、各欠陥検査装置における欠陥分布マップを並べて表示する機能を有している。以後、二つの欠陥検査装置（欠陥検出装置 A、欠陥レビュー装置 B）の検査情報が共に参照できる状況を例に挙げて説明するが、本発明はこ

の組み合わせに限定されるものではなく、種類の異なる欠陥検査装置、あるいは同種の欠陥検査装置であっても検査を行う工程が異なる欠陥検査装置、あるいは同工程で同種の欠陥検査装置であっても装置が異なる欠陥検査装置における任意の一つ以上の欠陥検査装置の組み合わせを含んでいる。また、以後、欠陥レビュー装置 B における欠陥分類器 120b を設定する問題を扱うが、これに関しても任意の欠陥検査装置 101 あるいは処理端末装置 102、108 における欠陥分類器 120 の設定が考えられる。

【0043】

本実施例において、408、409 はそれぞれ欠陥検出装置 A、欠陥レビュー装置 B における欠陥分布を示す欠陥分布マップである。また、420 は、前記欠陥検出装置 A 及び欠陥レビュー装置 B から得られた検査情報を基にカスタマイズした本発明に係る欠陥分類器を適用し、再分類を行った際の欠陥分布を示す欠陥分布マップである。欠陥分布マップ 420 により、設定した欠陥分類器による分類結果を確認しながら、対話的に欠陥分類器をカスタマイズすることができる。また、「マップ表示方法」ボタン 417 を押し、所定の設定を行うことにより、各欠陥サンプルに関する欠陥分類の結果や欠陥の各種属性等の欠陥分布を欠陥分布マップ 408、409、420 上に、文字あるいは数値、色分け、強調等の表示方法で 2 次元あるいは 3 次元的に表示させる機能を有し、ユーザは欠陥分布の全体像を把握することができる。さらに、それぞれの欠陥検査装置に対し、装置 QC や着工来歴を表示させる機能を有する。チェックボックス 410、412 は装置 QC を、チェックボックス 411、413 は着工来歴を表示するためのチェックボックスである。

【0044】

1.2.2 欠陥画像の表示（ステップ 302）

図 4 に示す検査情報同時レビューウィンドウ 401 には任意の複数の欠陥サンプルを指定し、前記欠陥サンプルの欠陥画像をほぼ同時に見れるように例えば並べて表示する機能を有する。一例として、欠陥検出装置 A における欠陥分布マップ 408 中の 2 点の欠陥サンプル da1、da2 を考える。これらの欠陥は欠陥レビュー装置 B においては欠陥分布マップ 409 中の欠陥サンプル db1、db

2 にそれぞれ対応している。ただし、欠陥サンプル d a 1 (d b 1)、d a 2 (d b 2) は欠陥検出装置 A においては同じクラス C a 2 に分類され、欠陥レビュー装置 B においては異なるクラス C b 3、C b 2 に分類されている。ここで、欠陥サンプル d a 1 を選択し、ウィンドウ 4 0 2 にドラッグ、アンド、ドロップすることにより、欠陥検出装置 A において取得された欠陥サンプル d a 1 の欠陥画像 4 0 4 を図に示すように表示させることができる。また欠陥サンプル d a 1 を表示させた時点で、それに対応する欠陥レビュー装置 B の欠陥サンプル d b 1 が欠陥分布マップ 4 0 9 中に存在していればウィンドウ 4 0 3 内に欠陥サンプル d b 1 の欠陥画像 4 0 6 を自動的に表示させることができる。この機能は欠陥サンプル d a 1、d b 1 のどちらをそれぞれウィンドウ 4 0 2、4 0 3 にドラッグ、アンド、ドロップした場合であっても、もう片方の欠陥サンプルが表示されるものである。同様に欠陥サンプル d a 2、d b 2 に関してもどちらかを選択することによって欠陥画像 4 0 5、4 0 7 をウィンドウ 4 0 2、4 0 3 に表示させることができる。欠陥画像 4 0 4 ~ 4 0 7 の同時欠陥レビュー画像からユーザは 2 つの欠陥サンプル d a 1 (d b 1)、d a 2 (d b 2) を異なる欠陥分類クラスとして分類すべきか否か検討することができる。この際、ユーザをサポートする仕組みとして、「画像表示方法」ボタン 4 1 6 を押し、所定の設定を行うことにより、前記欠陥画像のいずれを表示させることも可能である。また、「詳細情報」ボタン 4 1 8 を押すことにより、欠陥分布マップ上で指定した任意の欠陥サンプルにおける前記検査情報一覧を同時表示させることができる。また、「検索」ボタン 4 1 9 を押すことにより、類似欠陥検索を行うことができる。検索は、欠陥検査装置やウェハ上の領域といった検索範囲の指定と任意の検査情報あるいはその組み合わせにより表現される検索式の指定により行われる。

【0 0 4 5】

ステップ 3 0 3 における欠陥分類クラス決定は、前述のような同時レビュー画面 4 0 1 に基づいて、ユーザの目視により行うことができる。ただし、任意のルール、例えば「SEM 式および光学式の欠陥検査装置を用いて検査を行った際に、前者で欠陥が検出され、後者で検出されなかったという組み合わせにおいては、欠陥分類結果は V C 欠陥か虚報である可能性が高い」といった知識を導入する

ことにより、欠陥分類クラス決定の一部または全てを自動化することが可能である。これは、本発明に係る欠陥分類器の生成に関しても同様である。

【0046】

1. 2. 3 欠陥分類クラス作成（ステップ303）

次に、前記同時レビュー画面401により確認されたユーザの理想的な欠陥分類基準を基に、ステップ303で行う欠陥クラスの名称、個数の指定について説明する。

【0047】

一例としてユーザの要求する欠陥分類基準が欠陥マップ420に示されているような5クラス分類（クラスC1～C5）であったとするならば、まず「クラス追加」ボタン450を押し、所定の設定を行うことにより、ウィンドウ424に任意のラベルを設定した5つの欠陥クラスを追加・表示させる。図中のウィンドウ424には6クラスの表示がなされているが、欠陥クラスC1bのラベル425は後の説明のために表示しており、今はないものとする。ちなみに欠陥クラスを削除したい場合は、ウィンドウ424において削除したい任意の欠陥クラスを選択後、「クラス除去」ボタン451を押すことによって除去することができる。

【0048】

1. 3 欠陥分類器120の生成（ループ304）

次に、ユーザにより指定された分類基準（ここでは前記5クラス分類）を図1に示すシステム内部（例えば処理端末装置102、108）の分類基準として組み込むステップを説明する。これには前記5つのステップ（305～309）を必要に応じて行い、その結果を必要に応じて随時評価しながら、欠陥分類器120の全体を形成していく。これらの処理の一部または全てを学習等により自動的に決定することが可能であるが、学習初期においては人間が設定可能な事項をできる限り決定し、システムの学習における負担を軽減することが有効である。次に、前記5つのステップ（305～309）に関してそれぞれ詳細を説明する。

【0049】

1. 3. 1 欠陥分類の決定木指定（ステップ305）

ステップ 305 における欠陥分類の決定木の指定方法について、図 5 を用いて説明する。

【0050】

図 5 は本発明による階層的に展開される決定木構造の設定及び欠陥サンプルの教示ウィンドウの一実施例を示す図である。

【0051】

本実施例において、決定木とは、図 4 に示すウィンドウ 424 内に指定した最終的な欠陥クラスの分類を達成するための分岐手順を示すものであり、「クラス要素」と「分岐要素」からなる。図 4 で「教示サンプル指定／クラス・分岐構成決定」ボタン 452 を押すと、図 5 に示すウィンドウ 500 が表示させる。ウィンドウ 500 はウィンドウ 400 と同時に表示・操作することが可能である。また、ウィンドウ 400 と 500 は同一ウィンドウに表示しても良い。ウィンドウ 424 内に欠陥クラスの指定を行った段階で、分類の決定木を構成する欠陥クラスの個数分のクラス要素 503 がウィンドウ 502 内に作成される。また、デフォルトで分類の決定木を構成する分岐要素 504 が用意されている。これらを用いて、ウィンドウ 501 内に決定木の構成を指定していく。図 5 内のウィンドウ 501 には決定木の完成形の一例が示されているが、これは図 6 (a) ~ (c) のような手順を経て作成される。

【0052】

図 6 は図 5 に示す階層的に展開される決定木構造の設定手順を説明するためのウィンドウの一実施例を示す図であり、図 6 (a) は最初の分岐に欠陥クラスを分岐させる場合を示し、図 6 (b) は最初の分岐に次の分岐を設ける場合を示し、図 6 (c) は 2 番目の分岐に欠陥クラスを分岐させる場合を示す。

【0053】

まず、図 6 (a) のように、デフォルトで分類の開始地点 601 と最初の分岐 B1 (602) が表示されている。最初の分岐 B1 において欠陥クラス C1 を分岐させたい場合には、図 5 に示すように、欠陥クラス C1 のラベルをもつクラス要素 518 を、ウィンドウ 502 から分岐 B1 (602) にドラッグ、アンド、ドロップする。この時点で、図 6 (b) に示すように、クラス要素 518 のコピ

ー 6 0 5 が分岐 B 1 (6 0 2) の下層に表示される。次にクラス要素 6 0 5 と並列に分岐を設けたい場合には、分岐要素 5 0 4 を、図 5 に示すウィンドウ 5 0 2 から分岐 B 1 (6 0 2) にドラッグ、アンド、ドロップする。この時点で、図 6 (c) に示されるように、分岐要素 5 0 4 のコピーである分岐要素 B 2 (6 0 3) が分岐 B 1 (6 0 2) の下層に表示される。

【 0 0 5 4 】

分岐要素は区別をつけるため、コピーされるたびに、例えば分岐 B 1、B 2、…のようにシリアル I D が自動または手動でつけられる。さらに、分岐 B 2 において欠陥クラス C 4 を分岐させたい場合には、同様に欠陥クラス C 4 のラベルをもつクラス要素 5 1 9 を分岐 B 2 (6 0 3) にドラッグ、アンド、ドロップするといったように作業が行われる。このクラス要素と分岐要素の組み合わせからなる階層的に展開される決定木は、次の 3 つの条件に従い任意の構成が可能である。

- (1) 分類の開始地点 6 0 1 の直下層には分岐要素が一つあるのみである。
- (2) 任意の分岐要素の直下層にはクラス要素及び分岐要素共にいくつ追加してもかまわない。
- (3) クラス要素の直下層には何もつけることができない
- (4) 同じクラス要素を異なる分岐要素の直下層にいくつ追加してもかまわない。

【 0 0 5 5 】

ここで、分岐要素が追加されるたびに、分岐の一覧を表示したウィンドウ 4 2 6 (図 4 参照) に分岐のラベルが追加され、その右にはその分岐から分かれる各欠陥クラスまたは分岐が、それぞれ識別可能なように色分け等を用い、ラベルを添えて表示される。一例として分岐要素 B 2 (6 0 3) において欠陥クラス C 4 (6 0 6)、C 1 b (6 0 7)、分岐 B 3 (6 0 4) の 3 つに分岐されているので、ウィンドウ 4 2 6 内の分岐 B 2 の記述 4 2 7 においては、分岐 B 2 のラベル 4 4 8 及び分岐 B 2 から分かれる 3 つの欠陥クラスまたは分岐に対応する枠とラベル 4 4 9 が表示されている。

【 0 0 5 6 】

また、前記の組み合わせ条件（４）に関して、図５に示すように、例えば同じ欠陥クラスＣ１、Ｃ１ｂのクラス要素６０５と６０７をそれぞれ分岐要素Ｂ１とＢ２の直下層につけることが可能である。この場合、欠陥分類結果は後から統合される。同クラス要素を複数作成した場合は区別をつけるため、コピーされるたびに、例えば欠陥クラスＣ１、Ｃ１ｂ、Ｃ１ｃ、…のようにシリアルＩＤが自動または手動でつけられる。さらに、同クラス要素がコピーされるたびに、ウィンドウ４２５においてコピーされた欠陥クラスのラベルが４２５のように追加される。

【００５７】

以上説明したように、欠陥を階層的に展開して分類する決定木の構造が、分岐Ｂ１（６０２）において欠陥クラスＣ１と残りの欠陥クラスとに分岐させ、分岐Ｂ２（６０３）において欠陥クラスＣ４と欠陥クラスＣ１ｂと残りの欠陥クラスとに分岐させ、分岐Ｂ３（６０４）において欠陥クラスＣ２と欠陥クラスＣ３と欠陥クラスＣ５とに分岐させるように階層的、即ち段階的に展開することによって、ユーザの要求に合致した分類基準を容易に、短時間で、且つ確実に設定することが可能となる。

【００５８】

１．３．２ 欠陥サンプル教示（ステップ３０６）

ステップ３０６における欠陥サンプルの教示方法について述べる。まず、図５のウィンドウ５００を表示する。図４のウィンドウ４２４内に欠陥クラス指定を行った段階で、その欠陥クラスに対応する数の枠がウィンドウ５０５内に作成される。図５では欠陥クラスの枠が６つ表示されているが、決定木が生成されるウィンドウ５０１内において、欠陥クラスＣ１のコピーＣ１ｂを作成するまで、枠５０８は存在しない。各欠陥クラスへの画像の教示は、欠陥分布マップ（４０８または４０９）、あるいは画像表示ウィンドウ（４０２または４０３）内の欠陥サンプルを１つあるいは複数選択し、該選択された欠陥サンプルを例えば欠陥クラスＣ１として教示するのであれば、この欠陥サンプルの画像を欠陥クラスＣ１に対応する枠５０６内にドラッグ、アンド、ドロップすることにより行う。他の欠陥クラスへの教示も、それぞれの欠陥クラスの枠内に欠陥サンプル群の画像群

を同様に送ることによって行うことができ、教示の有無、枚数は欠陥クラス間で統一する必要はない。また、同一欠陥サンプルの画像を複数の欠陥クラス枠内に教示することができる。また、異種欠陥検査装置からの教示サンプルの画像は同一欠陥個所の欠陥サンプルであっても、異なる教示サンプルとして教示することができる（あとで述べる欠陥の各種属性分布の表示においては分離して表示することができる）。また前記のとおり、同欠陥クラス要素がウィンドウ 5 0 1 内にコピーされる度に、ウィンドウ 5 0 5 内にコピーされた欠陥クラス用の枠が新たに作成される。例えば欠陥クラス C 1 とそのコピーである欠陥クラス C 1 b のクラス要素 6 0 5、6 0 7 に対して、それぞれ枠 5 0 6、5 0 8 が存在する。これらの枠に対して、同一欠陥サンプル群を教示することも異なる欠陥サンプル群を教示することも可能である。

【 0 0 5 9 】

1. 3. 3 欠陥属性分布の分離度評価（ステップ 3 0 7）

階層的に展開される決定木の各分岐における分類ルール（前記のルールに従って作成されたクラス要素と分岐要素からなる）を決定する方法に関して、属性の分離度を視覚化あるいは数値化する方法に関して述べる（ステップ 3 0 7）。ただし、本作業時において決定木全体が完成されている必要はなく、欠陥サンプルの教示も全て行われている必要はなく、また、本作業後に前記決定木の構成や欠陥サンプルの教示パターンを変更することも可能であるが、ここでは、図 5 の 5 0 0 中のウィンドウ 5 0 1 に示すように決定木構造の決定、欠陥サンプルの教示が共に全て完了している状態を例に説明する。まず、分類ルールを割り当てたい分岐を、図 4 に示す分岐一覧を表示したウィンドウ 4 2 6 内から選択する。ここでは一例として分岐 B 2（4 2 7）を選択すると、欠陥の各種属性分布一覧ウィンドウ 4 5 4 内において分岐 B 2 において分離される 3 つの欠陥クラス及び分岐（C 4、C 1 b、B 3）（該欠陥クラス及び分岐を総称してカテゴリとする。）に対応する各種属性の分布が、前記 3 つの欠陥クラス及び分岐毎に色分け等の方法で区別されて表示される（4 5 9、4 6 0 等）。図 4 では、色分けする代わりに、白、ドット、斜線で示している。当然、欠陥分類器 1 2 0 を生成するための欠陥分布マップ 4 0 8 及び欠陥分布マップ 4 0 9 に載っている欠陥サンプルについ

ての例えば特徴量は図 2 に示すステップ 2 0 3 において算出されているものとする。従って、分岐 B 2 において、欠陥クラス C 4 内の教示欠陥サンプルの画像が 5 1 4 の枠内に教示され、欠陥クラス C 1 b 内の教示欠陥サンプルの画像が 5 0 8 の枠内に教示される段階で、これらの教示欠陥サンプルの例えば特徴量が算出されているので、欠陥クラス C 1 を除いた欠陥サンプル全体の例えば特徴量分布から 2 つの欠陥クラスの教示欠陥サンプルを区別して表示することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

ここで、色分けされて表示される前記 3 つの欠陥クラス及び分岐（3 つのカテゴリ）に対応する 3 つの欠陥サンプル群は「欠陥クラス C 4 として教示された欠陥サンプル群 5 1 5」、「欠陥クラス C 1 b として教示された欠陥サンプル群 5 0 9」、「分岐 B 3 の下層に存在する欠陥クラス C 2、C 3、C 5 として教示された各欠陥サンプル群 5 1 1、5 1 3、5 1 7」であり、かつこれらの各種属性分布の表示は各教示サンプル画像が取得された欠陥検査装置ごとに別ウィンドウ（4 5 5、4 5 6）に分けて表示される（統合して表示することも可能である）。ウィンドウ 4 5 4 に表示される各種属性分布一覧の中には、画像特徴量（各種欠陥画像から得られる欠陥の色合い（テクスチャ等）や大きさ（面積や長さで示される）、形状（異物形状、キズ形状等）、配線パターンに対する欠陥の位置関係（短絡欠陥や断線欠陥等の致命性欠陥で示される位置関係）等の特徴を定量化したもの）のみならず、例えば異種欠陥検査装置における欠陥分類結果（任意の欠陥サンプルがどの欠陥分類クラスに分類された結果）、組成分析結果（任意の欠陥サンプルがどのような組成の組み合わせになっているかの結果）、欠陥マップの分布等を数値化（例えば、Frequency：頻度）したものを含む。また、ウィンドウ 4 5 4 には「欠陥属性追加」ボタン 4 2 2 を押し、所定の設定を行うことにより、用意された属性を追加したり、あるいは新たな属性を設計し、追加したりすることが可能である。また、任意の属性を削除することも可能である。ちなみに前記のとおり、決定木の決定、欠陥サンプルの教示は完成している必要はなく、指定が行われた範囲内で各種属性分布に反映される。図 4 に示すように、指定した分岐において分類される欠陥クラスあるいは分岐（カテゴリ）毎に、前記欠

陥クラスあるいは分岐の下層に教示された欠陥サンプル群の属性分布の違いが分かるように表示することにより、前記分岐において分類に有効である属性が明らかになる。

【0061】

各種属性分布の表示方法は一例として459、460のようなヒストグラム表示が考えられるが、本発明はこのような表示方法に限るものではなく、「属性分布表示方法」ボタン421を押すことによって、例えば任意の属性の組み合わせによる二次元あるいは三次元的な分布表示方法等により、欠陥クラスあるいは分岐毎の属性の分離度がユーザにとって明確となる表示方法を選択することが可能である。前記二次元あるいは三次元的な分布表示方法の具体例に関しては後述する。また、任意の欠陥サンプルを選択することによって、前記欠陥サンプルにおける属性が全体の属性分布中のどこに存在するかを表示する機能やその数値を表示する機能を有する。

【0062】

また、ユーザが属性の分離度を判断する指標の一つとして、分離度を数値化し、前記数値化された分離度の値を各属性毎に、例えば457、458等において表示する機能をもつ。分離度を数値化する方法としては、例えば欠陥クラス間での属性分布の平均値のずれや、分散等が挙げられる。

【0063】

1. 3. 4 分類ルールを選択（ステップ308）

次にステップ308において、各分岐毎に割り当てられる分類ルールの生成方法に関して述べる。まず、分類ルールを割り当てる任意の分岐をウィンドウ426内から指定する。ここでは一例として分岐B2（427）を指定し、前記分岐B2において分岐する欠陥クラスC4、C1b、分岐B3の分類を実現する図1に示すシステム内部の分類ルールを決定する方法に関して述べる。（分岐B2（427）を指定した段階で、前記のとおりウィンドウ454内の各種属性分布一覧には、欠陥クラスC4、C1b、分岐B3に対応する各属性の分布が色分けされて表示されている。）次に「分類ルール指定」ボタン453を押すと、図7に示す分類ルール生成ウィンドウ700が表示される。

図7は本発明による決定木中の各分岐における分類ルール生成ウィンドウの一実施例を示す図である。ウィンドウ700はウィンドウ400、500と同時に表示及び操作することが可能である（同一ウィンドウに表示しても良い）。本ウィンドウ700では、大きく次の2タイプの分類「ルールベース型分類」「学習型分類（教示型分類）」、及びその組み合わせにより分類ルールを設定することができる。

【0064】

決定木の構成、ルールベース型分類と学習型分類の組み合わせ方、ルールベース型分類器および学習型分類器のパラメータ等の設定事項に関して、設計者に知識がある場合は、組み込み式あるいは手動で前記設定事項を決定することができる。また、知識があることを前提とできない場合は、学習により前記設定事項を決定することが考えられる。ただし、システム立ち上げ時など教示データ数が十分に確保できない状況においては、前記過学習が生じて性能が低下する危険性がある。そのため、各欠陥検査装置から得られる欠陥画像や属性の分布を表示し、これらの情報を基に前記設定事項を可能な限り決定し、学習時に決定しなければならない項目の自由度を軽減することが有効である。

【0065】

1. 3. 4. 1 ルールベース型分類

ルールベース型分類は、予め設定された条件式（属性、関係および閾値（境界線若しくは境界面）等の項目からなる）の組み合わせで、分類ルールを生成する分類方式である。まず、前記ルールベース型分類を採用する場合には、チェックボックス701にチェックを入れる。次に、前記ルールベース型分類における条件式の指定方法の一例を示す。まず「条件追加」ボタン702を押し、条件式を少なくとも1つ以上追加する。各条件式に関して「属性（709）」「関係（710）」「閾値（711）」の3つの項目を指定する。図では一例として、4つの条件式1～4（705～708）が生成されている。前記のとおり各欠陥サンプルに関して複数の属性が算出されており、ユーザは欠陥分類に有効な分離度の高い属性を選別し、条件式に組み込んでいくことになる。ただし、教示サンプルに関して分離度の高い属性が、必ずしも分類に有効な属性であるとは限らず、こ

の判断はユーザに委ねられる。またその後の追加学習によりルールを修正することも可能である。

分離度は、前記のとおりウィンドウ 454 に表示された各種属性分布一覧（ヒストグラム、二次元・三次元表示）や数値化された分離度の値（457、458 等において記載）を基に判断することができる。例えば、まず、プルダウンメニューを用いて「属性（709）」の選択を行う。複数の属性を選択することも可能である。

【0066】

(1) 「属性（709）」の選択において選択した属性が1つである場合は、残りの「関係（710）」と「閾値（711）」の設定を行う。「関係（710）」は例えばプルダウンメニューを用い不等号（ $>$ 、 \geq 、 $=$ 、 \leq 、 $<$ ）を選択、「閾値（711）」はキーボード（図示せず）を用いて数値入力する。「閾値（711）」の設定に関しては各条件欄右の「マウス入力」ボタン（712）を押すことによって、別画面でマウスやタブレット等のインタフェースを用いて感覚的に設定することが可能である。これを、図8を用いて説明する。

図8は、本発明による各種属性の多次元グラフ表示及びこのグラフ中における制約条件の指定方法の一実施例を示す図である。例えば図8（a）に示す属性（Attribute）f1に関する頻度（Frequency）のグラフ800において、ヒストグラム上で境界線801を水平方向にマウスで移動させることによって属性f1に関する閾値Th. 1（802）を決定し、図7に示す「閾値（711）」欄に代入する。また、図8（b）のように、属性f1、f2を二次元グラフ上に同時描画することによって、全体の傾向を把握しながら、例えば属性f2に関して、境界線804を移動させて閾値Th. 2（807）を設定したりすることができる。ちなみに、本例は境界線804～806による3つの条件式から2クラス（図8（b）において、それぞれのクラスに属するサンプルの属性分布を丸と三角で表示）の線形分離が可能な例である。

【0067】

(2) 「属性（709）」の選択において選択した属性が2つ以上である場合は、残りの「関係（710）」と「閾値（711）」の枠をうめるような形式で

は設定困難であるから、これらは空欄として、「マウス入力」ボタン（7 1 2）を押し、別画面で設定を行う。

【0 0 6 8】

例えば、2つの属性を選択した場合、図8（c）のように選択した属性 f 1 と f 2 の二次元グラフを表示することが考えられる。白い丸と黒い三角で表示された2クラスを分類したいという状況を想定して、境界線を複数指定することができる。各境界線は、例えば二次元グラフ上で2点の指定により直線（8 0 8、8 1 0、8 1 2）を決定した後、その直線によって分割されたどちらの領域を設定するかの方角指定を矢印（8 0 9、8 1 1、8 1 3）を行う。境界線は直線または線分の指定が可能である。また、最終的な条件は複数の境界線により指定される条件のAND（論理積）またはOR（論理和）を指定する。教示サンプルの中には属性分布上、例外的な欠陥サンプル（例えば欠陥サンプル8 1 4）が含まれていることがあり、これらを境界内に含めるか否かの判断はユーザによって行われる。図8（c）は欠陥サンプル8 1 4を黒三角クラスから除外した例である。また、図8（d）のように、マウスで自由曲線（8 1 5）を描き、方向指定を矢印（8 1 6）を行って条件を指定する機能を持たせることもできる。

【0 0 6 9】

3つの属性を選択した場合、図8（e）のように属性 f 1、f 2、f 3 の三次元グラフを表示することが考えられる。丸と三角で表示された2クラスを分類したいという状況を想定して、スプライン曲面等の曲面式あるいは平面パッチの集合で近似された識別面を複数用いて属性空間を分割することができる。二次元画面上に表示される三次元の属性空間は視点を変えて表示させることが可能である。また、ユーザの理解を助けるため識別曲面によって分割された領域ごとに色分けして表示する機能を有する。図8（e）では識別曲面によって分割された2つの領域のどちらに属するかに応じて白と黒に各欠陥サンプルが色分けされている。すなわち、本例では丸い欠陥サンプルが白に、三角の欠陥サンプルが黒に色分けされれば良好な識別曲面であるといえる。次に識別曲面の調整方法の一例を説明する。欠陥サンプル8 1 9は三角の欠陥クラスに属するものであるから黒に色分けされることが望ましいが、図8（e）では白に色分けされている。これを識

別面の反対側に移動させて黒に色分けするため、曲面上の任意の点 820 を移動させ（曲面上に存在しない任意の制御点を移動させる場合もある）、識別曲面を欠陥サンプル 819 をまたいで局所的に変形させる。図 8（f）では欠陥サンプル 819 は黒に色分けされている。このような調整を繰り返し試行することによって、良好な識別面を生成することができる。また、識別曲面の自由度は任意に設定可能である。

【0070】

次に前記の手順により指定された条件 1～4（705～708）を組み合わせ、各欠陥クラスに属する最終的な条件式を設定する。条件の組み合わせは論理式（AND（*）、OR（+）、NOT（not）、XOR（xor））を用いて、例えば欠陥クラス C4 に属する条件として条件 1 と条件 3 の AND をとりたい場合には枠 713 内に「1*3」と記述する。また、参考値として前記システム内部の処理によって算出した境界線・識別面の候補を算出、表示させる機能を持ち、ユーザはこれを初期値として詳細な調整を行うことができる。設定した各境界線・識別面の情報は内部に保存され、後から呼び出し、修正することが可能である。

【0071】

1. 3. 4. 2 学習型分類（教示型分類）

学習型分類は、基本的に教示によって分類ルールを生成する分類方式である。学習型分類方式は、分類に有効と考えられる属性が存在したとしても、前記ルールベース型分類のような条件設定が困難であるような属性に対し有効である。この方式の分類ルールを採用する場合には、図 7 のチェックボックス 716 にチェックを入れる。次にウィンドウ 717 において、学習型エンジンに用いる属性を複数選択する。属性の選択に関しては、手動で選択しなくとも、学習によって前記属性毎にその有効度等に応じた重み付けを行う等の方法によって自動で選択することも可能である。ただし、この様な属性の自動選択は、学習サンプル数が十分に確保できない場合、過学習を引き起こす可能性があること、また、学習サンプルに関してのみ分離度が高い属性分布である可能性があること等から、手動による属性の選択と学習とを組み合わせで行える機能を有する。次に 718 のプル

ダウンメニューから最尤推定法、K-NN法等、分類に使用するエンジンを選択する。本メニューの中には自動選択モードもあり、学習サンプル数に応じて適切なエンジンを自動選択させる機能を有する。本エンジンは基本的に条件型エンジンを用いない場合、あるいは条件型エンジンにおいて欠陥クラスが定まらなかった欠陥サンプルに対して適用されるが、図5のウィンドウ501内で分岐を2つつなげ、上位を学習型、下位を条件型とする構成も可能である。

また、前記属性分布の表示及び決定木、分類ルール生成等において使用される各種属性は、任意の複数属性に対し、主成分分析等による属性の直交化処理、前記直交化された上位主要成分のみを用いることによる属性次元数の圧縮処理、またはカーネル関数等を用いた属性空間上における属性分布の再配置処理の少なくとも一つ以上の組み合わせからなる処理（異なる欠陥クラスに属する欠陥サンプルにおける属性が、属性空間上において高い分離度となるような処理）を行うことが可能であり、そのように再設計された属性を新規属性として図4のウィンドウ454に加え、他の属性と同等に利用できる機能を有する。前記、3つの処理の組み合わせによって、より単純で明快な識別面を用いて欠陥分類が可能となる等の利点があるが、一般にその属性が物理的に意味するところは難解となる。本発明における欠陥属性分布の表示機能、及び決定木、分類ルールの決定法においては、属性の物理的意味に関する知見はなくとも、ある程度、良好な欠陥分類器120を生成することが可能となる。

【0072】

1. 3. 5 分類結果評価（ステップ309）

ステップ309における前記生成した本発明に係る欠陥分類器の評価方法について説明する。この評価は分類の決定木が完全に完成していなくても、行うことが可能である。任意の分岐における分類ルール設定後、図4の「再分類」ボタン423を押すことによって、その分岐を用いた欠陥分類をウェハマップ420上に表示する。この結果が良好でなければ、教示サンプル、決定木構造及び分類ルールを適宜修正し、結果が良好であれば、残りの分類ルールを指定していくといったように、図3のループ304を複数回試行しながら本発明に係る欠陥分類器120の全体を決定していく。

【0073】

全ての決定木・分類ルールが決定したら、条件310を満たし、処理は終了する。また、ここで生成された本発明に係る欠陥分類器120をどの欠陥検査装置において用いるかを、図4に示すチェックボックス414、415において指定する。本実施例では、欠陥レビュー装置Bにおいて適用する設定となっている。

【0074】

〔第二の実施の形態〕（欠陥レビュー装置における本発明に係る欠陥分類器120の生成）

第二の実施の形態について説明する。第一の実施の形態においては、一台の欠陥検査装置における本発明に係る欠陥分類器120の生成方法に関して述べたが、複数の欠陥検査装置による組み合わせ検査においては、各欠陥検査装置毎にどのような分類クラスを割り当てるか、またその分類を実現する本発明に係る欠陥分類器120の生成方法が課題となる。例えば、欠陥検出装置、欠陥レビュー装置による組み合わせ検査において、欠陥検出装置で分類し切れなかった欠陥分類クラスを、欠陥レビュー装置で詳細分類するといった階層的な欠陥分類が可能となれば、欠陥レビュー装置の分類時における欠陥分類クラス数を絞り込み、欠陥分類器の効果的な学習が可能となると考えられる。しかし従来、両欠陥検査装置における欠陥分類基準はそれぞれ個別に設定されており、統一的な分類基準に基づいた階層的な欠陥分類クラスが割振られているわけではない。そこで、本発明では検査順序に応じて、階層的な欠陥分類を行うための欠陥分類クラス、欠陥分類器の生成方法を提供する。

【0075】

本発明における欠陥分類クラス、及び欠陥分類器の生成方法は、レビューサンプリングプランの制御にも効果的である。例えば、欠陥検出装置により任意の欠陥分類クラスに分類された欠陥サンプルに関して、その後、欠陥レビュー装置による解析を行っても、新たに欠陥分類に関する有益な情報が得られにくい場合には、レビューサンプル数を減らすという方式が考えられる。

【0076】

本実施の形態では、既に任意の欠陥検出装置において欠陥検出が行われている

ことを前提とし、欠陥レビュー装置において、前記欠陥検出装置と欠陥レビュー装置からそれぞれ得られた検査情報を統合して、よりユーザの分類要求を満足する効果的、詳細な欠陥自動分類を実現するための欠陥分類クラスと欠陥分類器の生成方法に関して述べる。欠陥レビュー装置において検査された欠陥サンプルは、前記欠陥検出装置において検査された欠陥サンプルからサンプリングされた集合となっている。したがって、欠陥レビュー装置において欠陥分類を行う全欠陥サンプルに関して、欠陥検出装置、欠陥レビュー装置から得られた両検査情報を利用することができる状況である。

【 0 0 7 7 】

2. 1 処理の流れ

以下の説明はそれぞれ一台の欠陥検出装置、欠陥レビュー装置の組み合わせにおける解析方法に関して特に述べるが、三台以上の任意の欠陥検査装置の組み合わせに関しても同様の解析が可能である（第五の実施の形態において説明）。また、欠陥検出装置、欠陥レビュー装置の組み合わせ以外に関しても、欠陥サンプルが共通している場合、同様の解析が可能である。図 9 の欠陥分布マップ 9 0 1 ～ 9 0 3 は各処理段階における欠陥分布マップ上の欠陥サンプルの分布と欠陥分類結果を一例として示したものである。

【 0 0 7 8 】

(1) まず、半導体デバイス製造の所定の処理工程での処理後に、欠陥検出装置による検査を行う。前記検査により得られた検査情報は必要に応じてデータサーバ 1 0 7 あるいは処理端末装置 1 0 8 に送られる。欠陥分布マップ 9 0 1 は、一例として欠陥検出装置における欠陥サンプルの分布と欠陥検出装置における欠陥分類による欠陥粗分類結果（調整前）を示したものである。2 1 点の欠陥サンプルが 3 つの欠陥分類クラス C a 1 ～ C a 3 に分類されている。ただし、本ステップにおいて欠陥分類を行うことは必須でない。

【 0 0 7 9 】

(2) ステップ 9 0 1 で検出された欠陥サンプル群を、必要に応じてレビュー検査用にサンプリングする（これをレビューサンプリングと呼ぶ）。

【 0 0 8 0 】

(3) レビューサンプリングされた欠陥サンプル群に対し、欠陥レビュー装置による検査を行う。ただし、ここでレビューが行われる半導体デバイス製造の処理工程は、ステップ 9 0 1 において検査された処理工程と同一である必要はない。ここで得られた検査情報は必要に応じてデータサーバ 1 0 7 あるいは処理端末装置 1 0 8 に送られる。

【 0 0 8 1 】

(4) (1) および (2) においてそれぞれ得られた欠陥検出装置、欠陥レビュー装置における両検査情報を基に欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスの決定及び前記欠陥分類クラスへの分類を行う欠陥分類器の生成を行う。前記欠陥検出・レビュー両装置の検査情報を利用することにより、欠陥レビュー装置単独では分類困難であった欠陥分類が可能となりうる。欠陥分布マップ 9 0 2 は、一例として欠陥レビュー装置において検査が行われた欠陥位置と欠陥レビュー装置から得られた検査情報のみを用いて欠陥自動分類した詳細分類結果（調整前）である。2 1 点から 9 点にレビューサンプリングされた欠陥サンプルが 4 つの欠陥分類クラス C b 1 ~ C b 4 に分類された様子を示す。ここで、欠陥分布マップ 9 0 1 上の欠陥サンプル d a 1、d a 2 はそれぞれ異なる欠陥分類クラス C a 2、C a 3 に分類されているのに対し、欠陥分布マップ 9 0 2 上において前記欠陥サンプル d a 1、d a 2 に対応する欠陥サンプル d b 1、d b 2 は共に同一欠陥分類クラス C b 3 に分類されている。また逆に、対応する欠陥サンプルが、欠陥分布マップ 9 0 1 においては同一分類クラスに分類され、欠陥分布マップ 9 0 2 においては異なる分類クラスに分類されているケースもある。このような欠陥検査装置間における分類結果の不整合に対し、両検査装置の検査情報を用いて欠陥分類を行えば、前記欠陥サンプルを同一分類クラスとして分類することも細分類することも可能である。欠陥分布マップ 9 0 3 は 9 0 1、9 0 2 で得られた検査情報を組み合わせ、ユーザの分類要求に沿って最適化された欠陥分類の詳細分類結果（調整後）の一例である。例えば欠陥サンプル d a 1 (d b 1)、d a 2 (d b 2) に関しては細分類する欠陥分類器が採用され（欠陥サンプル d b 3 は欠陥分類クラス C b 5 に、欠陥サンプル d b 4 は欠陥分類クラス C b 3 にそれぞれ分類）、欠陥が 5 つの欠陥分類クラス C b 1 ~ C b 5 に分類された様子を示す。本

第二の実施の形態における欠陥分類クラス及び欠陥分類器の生成方法は、第一の実施の形態における手順と同様に行うことができる。ただし、本第二の実施の形態においては、図4に示すウィンドウ455、456に表示された欠陥検出・レビュー両装置から得られた属性情報を基に本発明に係る欠陥分類器を生成することができる。

【0082】

以上の手順に従い、欠陥レビュー装置における本発明に係る欠陥分類器の設定は終了する。一旦欠陥分類器が生成された後は、前記欠陥分類器を用いてその後のウェハ検査が継続される。ただし、その後得られる検査情報を基にして継続的に前記欠陥分類器の変更あるいは追加学習を行うことが可能である。

【0083】

2. 2 画像処理手順の変更あるいは画像処理パラメータの調整

欠陥検査装置間において検査情報を統合して利用する際、それらの検査情報間の整合性が問題となることがある。整合がとれていない場合とは、例えば、同一欠陥サンプルにおける配線領域の認識結果、あるいは欠陥領域と前記配線領域の位置関係（孤立／単線／跨線判定）、あるいは欠陥の大きさや高さ、あるいは欠陥の成膜との上下関係（膜上／膜下判定）といった欠陥属性が複数の欠陥検査装置間で異なる場合である。以下、前記整合方法の一実施例について説明する。

【0084】

図13は、欠陥検出装置（通常の欠陥検査装置）A、および欠陥レビュー装置Bにおける同一欠陥サンプルの欠陥画像の画像処理結果を示す図である。検査画像1301、1302はそれぞれ欠陥検出装置Aにおいて撮像された参照画像及び欠陥画像を示す。また、参照画像1301、欠陥画像1302に対して任意の画像処理A（1303）、B（1304）を行い、配線領域を二値化した画像がそれぞれ二値画像1305、1306である。ただし、二値化画像1306においては、欠陥領域（図中では白丸で示してある）も二値化して表示している。1301～1306に対応する欠陥レビュー装置Bにおける参照画像及び欠陥画像、画像処理C及びD、並びに二値化画像がそれぞれ1307～1312である。ここで、二値画像1305および1306においては一例として配線認識に失敗

し、中央の配線が二値化領域として抽出されていない例を示した。実際の欠陥領域は二つの配線に跨って存在する致命性の高い欠陥であり、欠陥レビュー装置 B においては二値画像 1312 から孤立欠陥であると判断されているが、欠陥検出装置 A においては二値画像 1306 から断線欠陥として判断されている。このような欠陥属性の違いを整合するように画像処理手順の変更あるいは画像処理パラメータの調整を行う必要がある。

【0085】

そこで、欠陥レビュー装置 B において得られた二値画像 1311 から、倍率変更、あるいは歪み補正、あるいは濃淡画像の場合は明度補正等の処理を行い、欠陥検出装置 A における配線二値画像の正解パターンとして教示パターン 1313 を生成する。次に、教示パターン 1313 と一致あるいは類似する処理結果が二値画像 1305 において得られるように画像処理 1303 における画像処理手順の変更あるいは画像処理パラメータの調整を行う。欠陥画像に関しても同様であるが、欠陥画像においては配線領域のみならず、欠陥領域の大きさも整合させることが考えられる。そもそも、一例としてあげた欠陥検出装置 A における参照画像 1301、欠陥画像 1302 は、欠陥レビュー装置 B における参照画像 1307、欠陥画像 1308 に対し、コントラストや解像度の面において劣っており、画像処理パラメータの設定は困難な例であった。前述の手順に基づき、複数検査装置間における検査情報の整合のみならず、設定困難な各種画像処理パラメータの設定も可能になる。

【0086】

本実施例においては教示パターン 1313 を生成する検査画像 1311、1312 を取得する欠陥検査装置として欠陥レビュー装置 B を選択した。どの欠陥検査装置から教示パターン生成するかを選択は、ユーザが各種検査画像の同時レビュー画面から判断することも、任意のルールを設定することによって自動化することも可能である。また、本処理は、全ての欠陥検査装置の組み合わせにおいて実施することが可能である。

【0087】

〔第三の実施の形態〕（欠陥検出装置（通常の欠陥検査装置）における本発明

に係る欠陥分類器 1 2 0 の生成)

この第三の実施の形態においては、欠陥レビュー装置による詳細検査の結果を基に、前記欠陥レビュー装置における欠陥分類を効果的に行うための、欠陥検出装置における欠陥分類クラスと欠陥分類器の決定方法、およびレビューサンプリング方法に関して述べる。欠陥レビュー装置における欠陥分類が効果的に行われるためには、欠陥検出装置における欠陥分類クラスが欠陥レビュー装置における欠陥分類基準に近い分類となることが望ましい。欠陥検出装置において分類しきれなかった欠陥分類クラスに関して欠陥レビュー装置で詳細分類を行うといった階層的な分類が可能となれば、レビュー検査装置において細分化されることのない欠陥検出装置における欠陥分類クラスに分類された欠陥サンプルに関してはレビューサンプル数を抑えることができる。また、欠陥レビュー装置においては欠陥分類クラス数を抑え、欠陥分類器の効果的な学習が可能となる。本第三の実施の形態は欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスが既知であることが前提となっている。ただし、第二の実施の形態で述べた欠陥レビュー装置における欠陥分類器のカスタマイズが行われていることは必須ではない。すなわち、本第三の実施の形態における欠陥検出装置の欠陥分類器の決定は、図 9 の欠陥分布マップ 9 0 3 ~ 9 0 5 に相当するが、前記欠陥分布マップ 9 0 3 は欠陥分布マップ 9 0 1 ~ 9 0 3 のようなカスタマイズ後に実施することも、カスタマイズ無しで実施することも可能である。しかし、第二の実施の形態で述べた欠陥レビュー装置における欠陥分類器のカスタマイズが行われている場合は、本第三の実施の形態における欠陥検出装置における欠陥分類器をカスタマイズにより、前記欠陥レビュー装置における欠陥分類クラス C b は、前記欠陥検出装置における欠陥分類クラス C a の部分集合、もしくはそれに近い集合になるように設定できることが期待できる。以下の説明は欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスならびに欠陥分類器のカスタマイズに続いて実施されたことを前提として説明する。以下の説明は第二の実施の形態と同様、それぞれ一台の欠陥検出装置、欠陥レビュー装置による解析方法に関して特に述べるが、三台以上の任意の欠陥検査装置の組み合わせに関しても同様の解析が可能である。

【 0 0 8 8 】

3. 1 欠陥分類クラスの決定

欠陥検出装置（第一の欠陥検査装置）における欠陥分類クラスを、その後に行われる欠陥レビュー検査装置（第二の欠陥検査装置）における欠陥詳細分類が効果的に行われるように、前記欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスに類似したクラスになるように設定する。ここでは、欠陥レビュー装置（第二の欠陥検査装置）における欠陥分類クラス C b が、欠陥検出装置（第一の欠陥検査装置）における欠陥分類クラス C a の部分集合、もしくはそれに類似した分類となるように設定する。一例として欠陥分布マップ 9 0 3 に示すように欠陥レビュー装置における欠陥分類クラス C b 1 ~ C b 5 が与えられたとして、該欠陥分類クラス C b 1 ~ C b 5 を基に欠陥検出装置から得られる検査情報だけを用いて欠陥検出装置における欠陥分類クラスの教示パターンを欠陥分布マップ 9 0 4 として作成する。次に前記教示パターンに類似した欠陥分類クラスへの分類を実現する欠陥検出装置における欠陥分類器を生成する。ここで、第二の実施の形態における欠陥レビュー装置における欠陥分類器のカスタマイズと異なる点は、利用できる検査情報は欠陥検出装置から得られたものだけであり、欠陥レビュー装置から得られた検査情報は利用することができないという点である。すなわち、着目する欠陥検出装置において利用できる検査情報は、実際の検査における検査順序において前記着目する欠陥検出装置の以前に得られた検査情報のみである。欠陥分類器の変更の方法に関しては、第一の実施の形態において述べた欠陥分類器の設定方法と同様に行うことができる。一例として、教示分類パターンである欠陥分布マップ 9 0 4 における欠陥分類クラスを欠陥検出装置において極力分類する欠陥分類器を生成し、前記生成された欠陥分類器を用いて欠陥分類を行った粗分類結果（調整後）が、欠陥分布マップ 9 0 5 である。本実施例は欠陥分布マップ 9 0 4 における欠陥分類クラス C a 2 と C a 5 を分類することができなかった例であるが（欠陥分布マップ 9 0 4 における欠陥分類クラス C a 2、C a 5 は欠陥分布マップ 9 0 5 における欠陥分類クラス C a 2 に統合されている）、他の欠陥分類クラス C a 1、C a 3、C a 4 に関しては教示分類パターン 9 0 4 に近い欠陥分類が行われている。以上の手順に従い、欠陥検出装置における欠陥分類器の設定は終了する。一旦分類器が生成された後は、前記欠陥分類器を用いてその後のウェハ検査が継

続される。ただし、その後得られる検査情報を基に継続的に前記欠陥分類器の変更を行うことが可能である。

【0089】

ここで、以上述べた欠陥分布マップ901～905に示した欠陥検出、レビュー両装置における各欠陥分類クラスの決定手順に関して、各欠陥分類クラス間の関係をまとめたものが図11である。図11における各表1101～1103において縦の項目は欠陥検出装置における欠陥分類クラスを、横の項目は欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスを示している。また、欄内の数字は、欠陥レビュー装置における欠陥サンプルに関して、欠陥検出及びレビュー両装置における各分類クラスに分類された分類数を示している。項目欄の欠陥分類クラス名は図9と対応している。

【0090】

①表1101は、欠陥分類クラスならびに欠陥分類器が調整前の両欠陥検査装置における欠陥分類クラス間の包含関係を示している（図9に示す欠陥分布マップ901と欠陥分布マップ902との関係に対応）。例えば、枠1104で囲まれた領域は、欠陥レビュー装置において欠陥分類クラスCb3に分類されたサンプルは、欠陥検出装置においては欠陥分類クラスCa2あるいはCa3のいずれかに分類されていたことを示す。まず、始めに行う欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスの調整では、最終的に欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスCbが、欠陥検出装置における欠陥分類クラスCaの部分集合となるように、例えば1104で示すように、欠陥レビュー装置における一つの欠陥分類クラスCb3に対し、欠陥検出装置における二つ以上の欠陥分類クラスCa2、Ca3が対応しないように、欠陥分類器を調整し欠陥分類クラスを細分する。このときユーザの分類要求に応じて不要な欠陥分類クラスの削除、あるいは新たな欠陥クラスの追加、あるいは欠陥クラスの組替えを行っても構わない。

【0091】

②表1102は、前記調整により得られた調整後の欠陥レビュー装置における欠陥分類クラスと調整前の欠陥検出装置における欠陥分類クラスとの包含関係を示している（図9に示す欠陥分布マップ901と欠陥分布マップ903との関係

に対応)。表 1101 と比較した際、表 1101 において欠陥分類クラス C b 3 に分類される欠陥分類クラスが C a 2 と C a 3 であったのが、表 1102 において欠陥分類クラスが C a 3 のみになったことから、例えば表 1102 における欠陥分類クラス C a 3 に属する欠陥を多くレビューしたいという要求に対し、欠陥分類クラス C a 2 は欠陥分類クラス C a 3 の候補から外れたため、欠陥分類クラス C a 3 に分類された欠陥サンプルのレビュー数を増やすことで効果的に分類が実現されるようになる。

【0092】

次に欠陥検出装置における欠陥分類クラス C a を、欠陥レビュー装置における欠陥分類クラス C b と類似するように調整する。具体的には枠 1105、1106 においてそれぞれ欠陥分類クラス C b 2 と C b 5、欠陥分類クラス C b 3 と C b 4 を、欠陥検出装置において細分類するように欠陥分類器を調整する。ただし、欠陥検出装置においては、欠陥レビュー装置における検査情報を利用することができないため、前記欠陥レビュー装置における欠陥分類性能に対し、分類の信頼性が得られない状況もありうる。そのような場合は、あえて細分類しない、あるいは細分類してもレビューサンプル数を増やして確認する等の処理が考えられる。

【0093】

③表 1103 は、前記調整により得られた調整後の両欠陥検査装置における欠陥分類クラスに属する欠陥サンプルの包含関係を示している（図 9 に示す欠陥分布マップ 903 と欠陥分布マップ 905 との関係に対応）。表 1102 と比較した際、表 1102 において欠陥分類クラス C a 3 が欠陥分類クラス C a 3、C a 4 に分割され、欠陥分類クラス C b 3、C b 4 を分類可能となっている。本実施例においては、枠 1105 内の欠陥分類クラスの関係に関して、枠 1107 においても変更はない。これは、そもそも欠陥検出装置から得られた検査情報のみからでは分類困難であった場合と、前述したように分類の信頼性から故意に行った場合とが考えられる。この結果、欠陥分類クラスの対応のみに着目すると、欠陥検出器において欠陥分類クラス C a 2 に分類された欠陥サンプルのみレビュー検査を行えば最終的な詳細分類が可能ということになる。実際には、レビューサン

プリングの割合を欠陥分類クラス C a 2 において増すといった処理方法が考えられる。

【 0 0 9 4 】

また、欠陥分類クラスの決定においては、ユーザに複数の欠陥検査装置における欠陥分類クラス間の関係を分かりやすく示すことが有効である。図 1 1 は前記欠陥分類クラス間の関係を示す表示方法の一例である。各欠陥分類クラスへの分類数を表示することにより、各分類クラス間の重複度合いを知ることができる。

【 0 0 9 5 】

3. 2 レビューサンプリング方法

次にレビューサンプリングの方法に関して述べる。前述のように、欠陥レビュー装置における欠陥分類クラス C b が、欠陥検出装置における欠陥分類クラス C a の部分集合、あるいはそれに類似した集合になるように設定すると、欠陥検出装置において欠陥検出及びレビュー両装置に共通な欠陥分類クラスに分類された欠陥サンプルに関してはレビュー検査の必要性は低いということになる。逆にレビュー検査において更に詳細クラスへと分類される欠陥分類クラスに分類された欠陥サンプルに関してはレビュー検査を行う必要性が高い。すなわち、前記レビュー検査の必要性に応じてサンプリング数を制御することが考えられる。欠陥分布マップ 9 0 3、9 0 5 は説明用の例であり、欠陥サンプル総数が極めて少ないため、欠陥分布マップ 9 0 5 中の欠陥点 d a 3 のみレビューサンプリングすれば欠陥詳細分類の全体像を把握することができる例であるが、このようなケースは現実的ではない。実際には、欠陥点数は非常に多く、また欠陥検出装置の画質はレビュー検査のそれに比べ一般に劣るので、欠陥検出装置において詳細な欠陥分類クラスへの分類されることはあまり期待できない。また、分類された欠陥サンプルに関しても、その分類結果が常に信頼できるわけではない。そのため実際の検査においてはどの欠陥分類クラスに分類された欠陥サンプル群に対しても、数点のレビューサンプリングを行い、教示分類パターンに関して詳細分類が困難であった欠陥分布マップ 9 0 5 中 C a 2 のような欠陥分類クラス（欠陥レビュー装置における複数の欠陥分類クラス C b 2、C b 5 が含まれている）に関しては特に他の欠陥分類クラスより多めにサンプリングを行うといった方法や、欠陥分類結果

の信頼性に応じてサンプリング数を変化させる方法が考えられる。

【 0 0 9 6 】

レビューサンプリングをどの程度の割合で行うかは、前述のように欠陥検出装置における欠陥分類クラス毎に判定することも、欠陥サンプル毎に判定することも、あるいはそれらを共に考慮して判定することも可能である。特に欠陥サンプル毎の判定においては前記欠陥分類結果の信頼性を判断要素とするのが有効である。前記欠陥分類結果の信頼性に関しては、各欠陥分類クラスへの帰属度を定義することによって、各欠陥サンプルを大きく、

- (1) 任意の欠陥分類クラスに分類される欠陥
- (2) 任意の複数の欠陥分類クラス間で帰属度が均衡した境界欠陥（判定困難）
- (3) 学習時には存在しなかった未知欠陥

の三つに分類することが可能となる。前記 (2)、(3) に関してはレビュー検査の必要性大とし、(1) に関してもその帰属度が低い場合はレビュー検査の必要性大とする方式が考えられる。以上のように欠陥検出装置における欠陥分類クラスおよび欠陥分類器 1 2 0 の生成を行い、前記欠陥分類クラスに応じてサンプリング点数を制御することによって、複数検査装置間において階層的な整合性をもち、かつ効果的な欠陥検査を行うことができる。

【 0 0 9 7 】

ところで、欠陥レビュー装置における欠陥分類クラス C b が、欠陥検出装置における欠陥分類クラス C a の部分集合になるような欠陥分類器が設定困難な場合もありうる。図 1 2 はその一例であり、欠陥検査装置 A、B による欠陥分布マップ 1 2 0 1、1 2 0 2 おける分類クラス（それぞれ C a 1 ~ C a 3、C b 1 ~ C b 4）が、部分集合の関係になっていない。しかしそのような場合であっても、例えば欠陥検査装置 A において分類クラス C a 3 に分類された欠陥サンプルは欠陥検査装置 B においては分類クラス C b 2 か C b 3 のいずれかに分類される可能性が高く、分類クラスの候補を絞り込む効果がある。そのため、欠陥検査装置 A において分類クラス C a 3 に分類された欠陥サンプルに関しては、欠陥検査装置 B において 3 クラス問題ではなく、C b 2 か C b 3 の 2 クラス問題として欠陥分類器を構成することにより、分類性能の向上が期待できる。

【 0 0 9 8 】

また、第二、三の実施の形態において、欠陥検出及び欠陥レビュー装置の欠陥分類クラス、欠陥分類器の生成をユーザの最終的な分類要求に基づき、学習等を用いてある程度自動生成することが可能である。しかしながら、特にプロセス立ち上げ時においては十分な教示サンプルを得ることができず、教示サンプルの特異な性質に特化した前記欠陥分類クラス、欠陥分類器が生成されてしまう危険性が高い。第一の実施の形態において、詳細を述べた検査情報のレビュー、及び欠陥分類器のカスタマイズ方法により、欠陥分類に関するユーザの要求や知見を容易にシステムに取り込むことが可能となり、特異な分類ルールを抑制することが可能となる。また、追加学習における分類器の変更も容易である。例えば、教示サンプルに関して、たまたま、欠陥クラス C a に属するサンプルには形状の丸い欠陥が多く、欠陥クラス C b に属するサンプルには形状の四角い欠陥が多いといった状況において、決定木で形状の違いによる分岐が設定されたとしても、形状の違いが両クラスの本質的な違いでないならば、このような分類ルールをキャンセルすることができる。また、追加学習時において、複数の欠陥検査装置における属性分布の変移を同時観察することにより、本質的な違いでない属性の欠陥クラス間における分離度が悪化する傾向が観測できることが期待される。

【 0 0 9 9 】

次に、欠陥検出装置において検出された欠陥サンプル群に関して、前記欠陥サンプル群の一部をレビュー検査し、詳細分類することにより前記欠陥サンプル群全体の詳細分類結果を推定する方法に関して、詳細分類結果の割合を利用する方法について述べる。前記欠陥サンプル群からレビューサンプリングにより選択された一部の欠陥サンプル群に関して詳細検査を行うことにより、前記一部の欠陥サンプル群において含まれる詳細分類結果の割合を把握することができる（欠陥検出装置における欠陥分類クラス毎にランダムサンプリングを行った場合、前記欠陥分類クラス毎の詳細分類結果の割合を把握することができる）。レビュー検査が行われなかった欠陥サンプルに関しては、レビュー検査による検査情報を直接利用することはできないが、前記詳細分類結果の割合を考慮して推定の信頼性を向上させることができる。例えば、欠陥分類クラス C a と C b の欠陥割合がそ

れぞれ a %、b %であるとする。欠陥分類クラス C a と C b の分類する任意の属性に関して欠陥サンプルをソートし、境界的な事例中 C a 寄りの上位 a %を欠陥分類クラス C a として分類する。

【0100】

〔第四の実施の形態〕

この第四の実施の形態においては、検査情報を共有する複数の欠陥検査装置におけるそれぞれの欠陥サンプル群がお互い部分的に参照できない場合の検査方法に関して述べる。検査情報を共有する欠陥検査装置が共に欠陥検出装置であった場合、例えば、光学式のパタン検査装置と SEM 式のパタン検査装置の組み合わせ検査において、独立に欠陥検出を行った場合、両者が検出した欠陥サンプルには部分的な不一致が起こりうる。本実施例においても欠陥サンプルが一致あるいは包含されている個所に関しては、第二、あるいは第三の実施の形態と同様の解析・分類が可能である。以下の説明は二台の欠陥検出装置 A、B の組み合わせにおける解析方法に関して特に述べるが、三台以上の任意の欠陥検査装置の組み合わせに関しても同様の解析が可能である。また、欠陥検出装置同士以外の組み合わせに関しても、欠陥サンプルに不一致がある場合、同様の解析が可能である。

【0101】

参照したい欠陥サンプルにおける検査情報に抜けがあった場合、前記検査情報を同類の他の欠陥サンプルにおける検査情報で補間する方法に関して説明する。図 12 は一例として二つの欠陥検査装置 A、B において検査が行われた位置を、それぞれ欠陥分布マップ 1201、1202 に表示したものである。ここで、欠陥検査装置 A において検査が行われた欠陥分布マップ 1201 上の欠陥サンプル d a 1 における欠陥分類を考える。ただし、前記欠陥サンプル d a 1 に対応する欠陥分布マップ 1202 上の座標 d b 1 においては、欠陥検査装置 B による検査が行われていない。そこで、欠陥検査装置 B における各欠陥サンプルを欠陥の空間的な分布、あるいは欠陥分類結果、あるいは各種検査情報を基にクラスタリングを行い、例えば、クラスタ C b 1 ~ C b 4 を得る。欠陥分布マップ上の任意の座標に対し、前記クラスタに属する空間的な帰属度が定義できる場合、同クラスタに共通あるいは類似する検査情報を同クラスタ内で共有することが可能と考え

られる。例えば、欠陥分布マップ 1 2 0 2 上の座標 d b 1 における検査情報として、座標 d b 1 と同クラスタ C b 1 に属すると考えられる欠陥サンプル d b 2 の検査情報を利用することができる。同クラスタ C b 1 に属する他の欠陥サンプル群から検査情報を補間することも可能である。ところで、クラスタ設定の誤り、あるいは参照先の検査情報の誤りや検査情報の揺らぎ等の理由により、検査情報の補間の信頼性が損なわれる危険性がある。そこで、クラスタ形成の信頼性、あるいはクラスタへの帰属度、あるいは検査情報の信頼性や揺らぎ等のパラメータを基に補間した検査情報の信頼性に関する重み付けを行い、前記検査情報を利用する際に利用することが考えられる。

【 0 1 0 2 】

[第五の実施の形態]

この第五の実施の形態においては、3 台以上の欠陥検査装置による組み合わせ検査に関して述べる。第二、三、四の実施の形態では、二台の欠陥検査装置の組み合わせ検査について特に述べたが、三台以上の欠陥検査装置による組み合わせ検査に関しても同様の解析が可能である。一例として N 台の欠陥検査装置の組み合わせ検査に関して欠陥分類クラス及び欠陥分類器の設定手順（生成手順）を示したものが図 1 0 （a）である。図 1 0 （a）に示すように、欠陥分類クラスを含む欠陥分類器 1 2 0 の生成は、検査順序と逆に N 番目の欠陥検査装置から順に第 1 番目の欠陥検査装置まで行われる。それは、検査順序に従って、分類できない或は分類が信頼できない欠陥サンプルについて欠陥の分類を順次補完するためである。そこで、任意の n ($0 \leq n \leq N$) 番目の後に検査が行われる $n + 1$ 番目の欠陥検査装置（第二の欠陥検査装置）における分類クラスが、 n 番目に検査が行われる欠陥検査装置（第一の欠陥検査装置）における分類クラスの部分集合、またはそれに類似した欠陥クラスとなるように決定する。すなわち、最初に N 番目の欠陥検査装置における分類クラスを生成し、その後に検査が行われる欠陥検査装置における欠陥クラスを限定するように、その前に検査が行われる ($N - 1$) \sim 1 番目の欠陥検査装置の分類クラスを順に決定していく。また、任意の n 番目に検査が行われる欠陥検査装置における欠陥分類器は、それ以前に検査が行われた $1 \sim (n - 1)$ 番目の欠陥検査装置と n 番目の欠陥検査装置において得られ

た検査情報 1 0 0 2 で欠陥分類の判断基準として利用可能なものを選択的、統括的に分類ルールに組み込んでいくことにより、前記 n 番目に検査が行われる欠陥検査装置において設定した分類クラスを分類可能な欠陥分類器を生成する（ステップ 1 0 0 1）。ただし、欠陥分類クラスや欠陥分類器を作成する際、第一の実施の形態において述べた同時レビュー画面を用いて全ての欠陥検査装置から得られた検査情報を参考にしながら決定することは可能である。欠陥分類クラスや欠陥分類器は図 3 のように繰り返し修正することが可能であり、また、任意の検査装置における欠陥クラスや欠陥分類器を生成した時点で、任意の欠陥クラスや欠陥分類器を変更し直すことも可能である。

【 0 1 0 3 】

実際のデータに関して分類が行われる際の処理の流れを示したものが図 1 0 （b）である。図 1 0 （b）に示すように、実際の検査は、1 番目の欠陥検査装置から前記生成された欠陥分類器 1 2 0 を用いて順に行われ、必要に応じて第三の実施の形態のような欠陥サンプルのサンプリングを行いながら、次の欠陥検査装置での検査が行われる。ただし、図 1 0 （a）（b）において例外的な場合として、任意の組み合わせの複数の欠陥検査装置による検査後に前記複数の欠陥検査装置から得られた検査情報を用いて欠陥分類を行ったり、サンプリングを行う場合は、前記複数の欠陥検査装置から取得された検査情報を検査順序には関係なく前記複数の欠陥検査装置における欠陥分類器の判断基準として用いることができる。

【 0 1 0 4 】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、ユーザに固有な分類要求に対し、従来困難であった欠陥分類器のカスタマイズを容易に行い、ユーザの判断基準を満足する欠陥自動分類を行うための仕組みを得ることができる。

【 0 1 0 5 】

また、本発明によれば、ユーザが自身の分類要求を明確化させる際、各種検査情報をほぼ同時レビュー画面に表示してほぼ同時にレビューできるようにしたことにより、統一的な見解を与えることが可能となる。

【 0 1 0 6 】

また、本発明によれば、複数の欠陥検査装置による組み合わせ検査において、階層的な欠陥分類器を実現し、欠陥分類器の効果的な学習及び効果的なレビューサンプリングを実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】**【図 1】**

本発明による検査情報の共有のためのデータサーバならびに各種欠陥検査装置の構成の一実施例を示すブロック図である。

【図 2】

本発明による各種欠陥検査装置における各種検査情報の取得過程の一実施例を示すフローチャート図である。

【図 3】

本発明による欠陥分類器の生成方法の一実施例を示すフローチャート図である。

【図 4】

本発明による検査情報の同時レビュー、欠陥の各種属性の分布表示、及び欠陥クラス・分岐の一覧表示ウィンドウの一実施例を示す図である。

【図 5】

本発明による決定木構造の設定及び欠陥サンプルの教示ウィンドウの一実施例を示す図である。

【図 6】

図 5 における決定木構造の設定手順の一実施例を示す図である。

【図 7】

本発明による決定木中の各分岐における分類ルール設定ウィンドウの一実施例を示す図である。

【図 8】

本発明による各種属性の多次元グラフ表示及びこのグラフ中における制約条件の指定方法の実施例を示す図である。

【図 9】

本発明による欠陥分類器の生成手順の各ステップにおける、欠陥サンプルの分布および欠陥自動分類結果の一実施例を示す欠陥分布マップ図である。

【図 10】

本発明による欠陥分類器の設定手順と欠陥分類手順との一実施例を示すフローチャート図である。

【図 11】

本発明による図 9 に欠陥分布マップで示す如く各欠陥検査装置における欠陥分類クラス間の関係を示す図である。

【図 12】

本発明による検査情報の欠けを補間する際に生成されるクラスタ分布の一例を示す図である。

【図 13】

本発明による複数欠陥検査装置の検査情報間の不整合を整合する手順の一実施例を示す図である。

【符号の説明】

101…欠陥検査装置、102…処理端末装置、103…ネットワーク、107…データサーバ、108…処理端末装置、110…GUI、120…欠陥分類器、131…記憶手段、132…表示手段、133…入力手段、
400…メインウィンドウ、401…検査情報同時レビューウィンドウ、402、403…検査画像同時レビューウィンドウ、404～407…欠陥画像、408…欠陥検出装置 A における欠陥マップ、409…欠陥レビュー装置 B における欠陥マップ、410、412…装置 QC 表示用チェックボックス、411、413…着工来歴表示用チェックボックス、414、415…生成した分類器を適用する欠陥検査装置指定用チェックボックス、416…画像表示方法指定ボタン、417…マップ表示方法指定ボタン、418…詳細情報表示ボタン、419…検索ボタン、420…分類器調整後の欠陥マップ、421…属性分布表示方法指定ボタン、422…欠陥属性追加ボタン、423…再分類実行ボタン、424…欠陥クラス一覧表示ウィンドウ、425…欠陥クラス C1b、426…分岐一覧表示ウィンドウ、427…分岐指定枠、448…分岐ラベル、449…指定分岐に

よって分岐される欠陥クラスまたは分岐に対応する枠とラベル、450…クラス追加ボタン、451…クラス削除ボタン、452…教示サンプル指定／クラス・分岐構成決定ウィンドウ表示ボタン、453…分類ルール指定ウィンドウ表示ボタン、454…欠陥属性分布一覧表示ウィンドウ、455、456…各欠陥検査装置における欠陥属性分布一覧表示ウィンドウ、457、458…各種属性分離度表示、459、460…各種属性分布表示、

500…教示サンプル指定／クラス・分岐構成決定ウィンドウ、501…クラス・分岐構成表示ウィンドウ、502…分岐構成要素表示ウィンドウ、503、518、519…クラス要素、504…分岐要素、505…教示サンプル指定ウィンドウ、506、508、510、512、514、516…各欠陥クラス用教示ウィンドウ、507、509、511、513、515、517…各欠陥クラス用教示画像、

601…分類の開始地点、602～604…分岐B1～B3、605～610…欠陥クラスC1～C5、

700…分類ルール生成ウィンドウ、701…ルールベース型分類使用チェックボックス、702…条件追加ボタン、703…条件削除ボタン、704…条件文一覧表示ウィンドウ、705～708…条件文、709…属性指定プルダウンメニュー、710…関係指定プルダウンメニュー、711…閾値指定プルダウンメニュー、712…マウス入力指定ボタン、713～715…各欠陥クラスに分類される条件の論理式、716…学習型分類使用チェックボックス、717…使用する属性選択ウィンドウ、718…分類エンジン選択プルダウンメニュー、

800…属性ヒストグラム、801、804、805、806、808、810、812…識別線、802、807…閾値、803…二次元属性分布表示画面、809、811、813、816…方向指定、814、819…任意欠陥サンプルの属性分布表示、815…識別曲線、817…三次元属性分布表示画面、818…識別曲面、820…識別曲面上の点、

901…欠陥検出装置における調整前の粗分類結果を示す欠陥分布マップ、902…欠陥レビュー装置における調整前の詳細分類結果を示す欠陥分布マップ、903…欠陥レビュー装置における調整後の詳細分類結果を示す欠陥分布マップ、

9 0 4 …欠陥検出装置における教示欠陥分類パターン（教示用分類クラス）を示す欠陥分布マップ、9 0 5 …欠陥検出装置における調整後の粗分類結果を示す欠陥分布マップ、

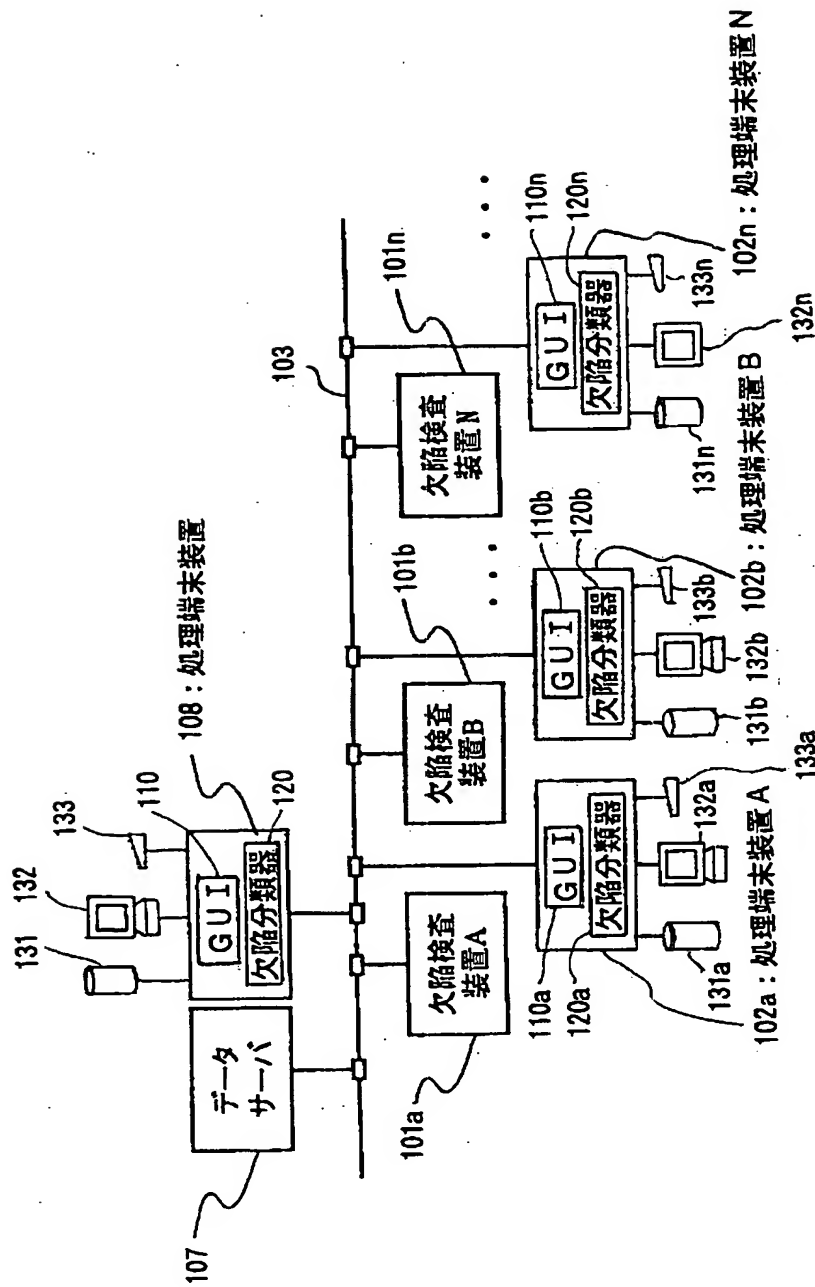
1 1 0 1 …調整前の欠陥検出・レビュー両装置における各欠陥分類クラス間の包含関係を示す表、1 1 0 2 …調整前の欠陥検出装置及び調整後の欠陥レビュー装置における各欠陥分類クラス間の包含関係を示す表、1 1 0 3 …調整後の欠陥検出・レビュー両装置における各欠陥分類クラス間の包含関係を示す表、

1 2 0 1 …欠陥検査装置 A における欠陥サンプルのクラスタリング結果を示す欠陥分布マップ、1 2 0 2 …欠陥検査装置 B における欠陥サンプルのクラスタリング結果を示す欠陥分布マップ。

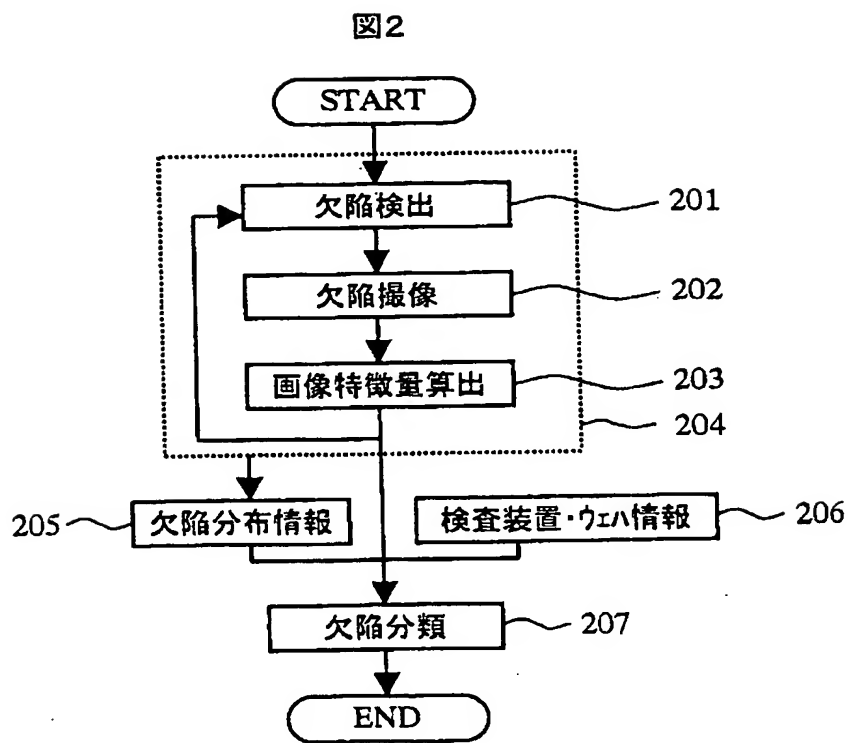
【書類名】 図面

【図 1】

図 1

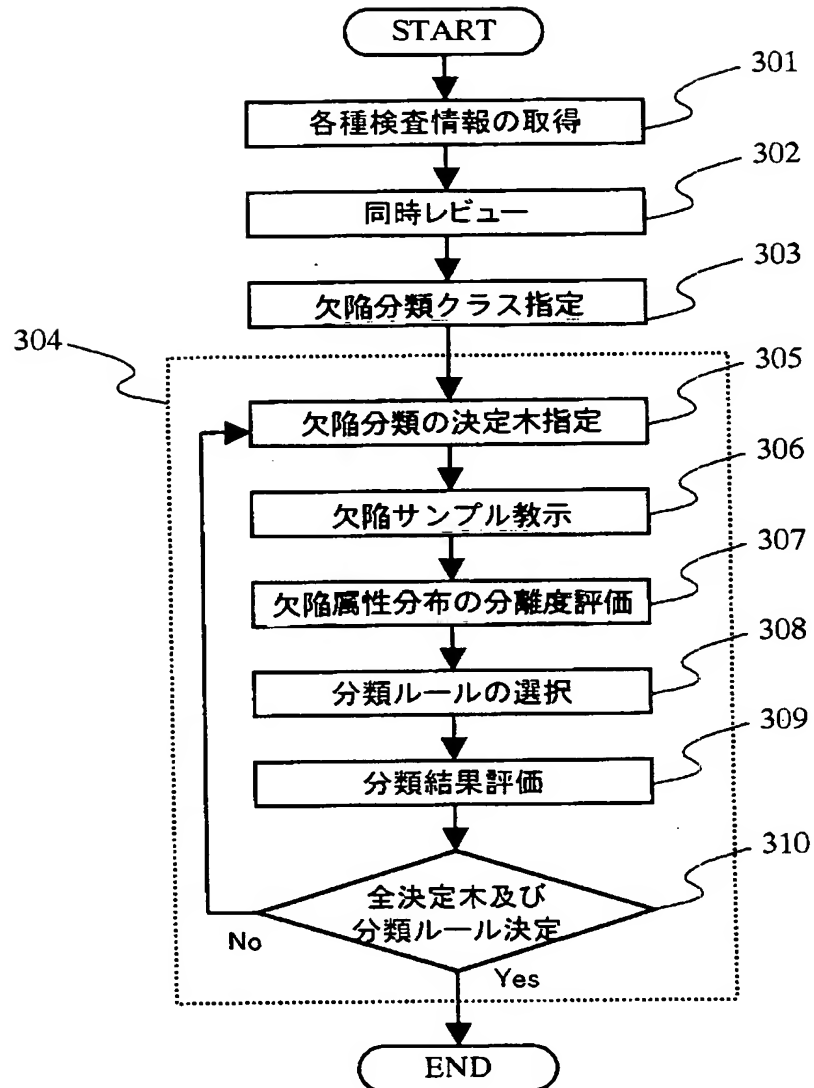


【図 2】

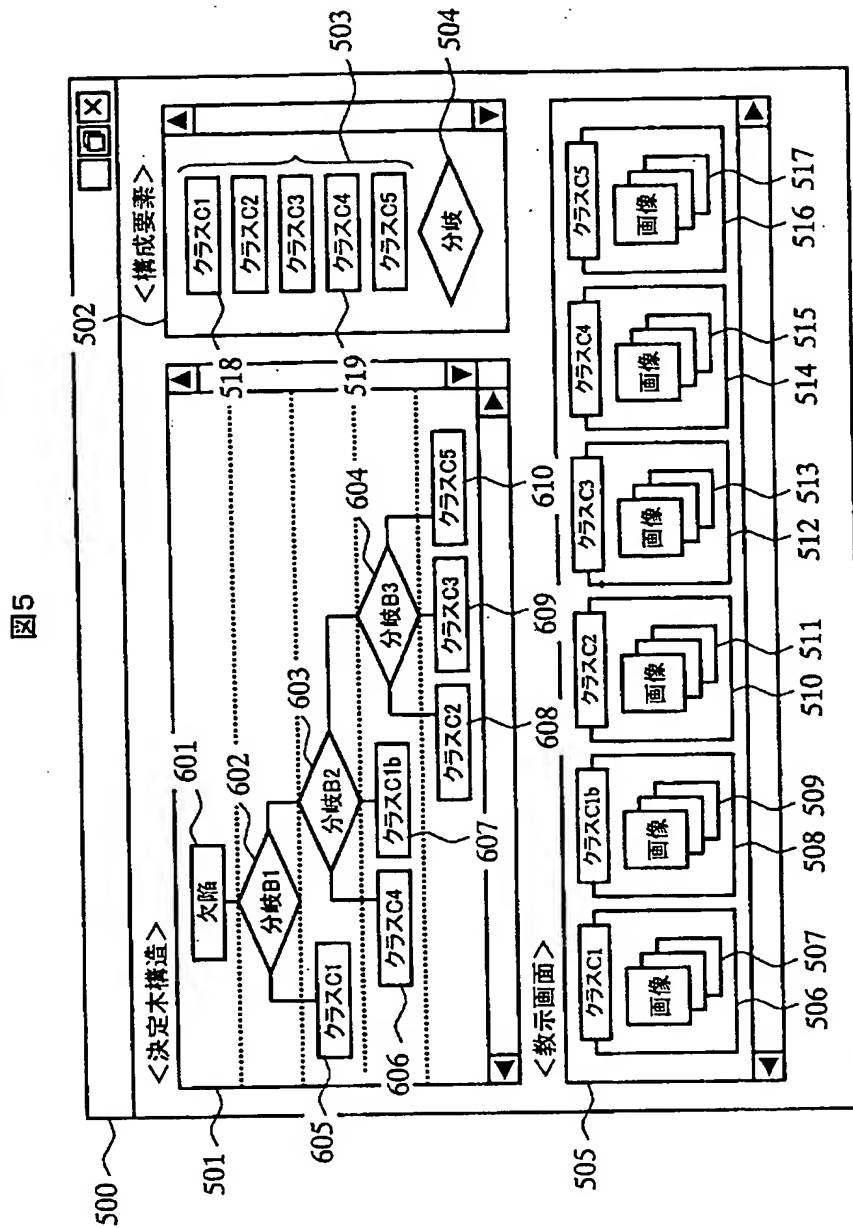


【図 3】

図3

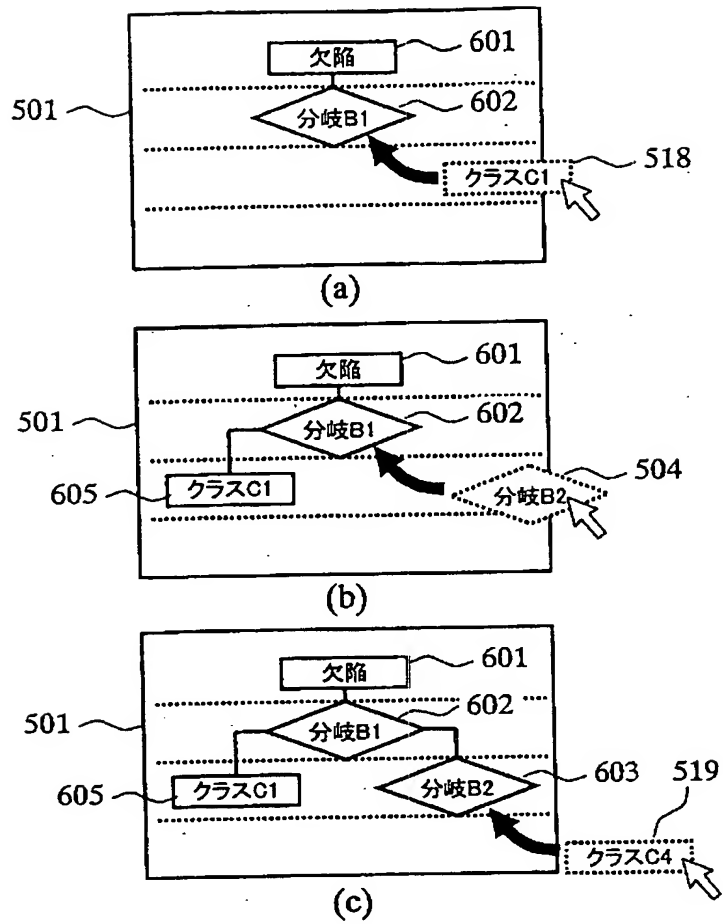


【図 5】



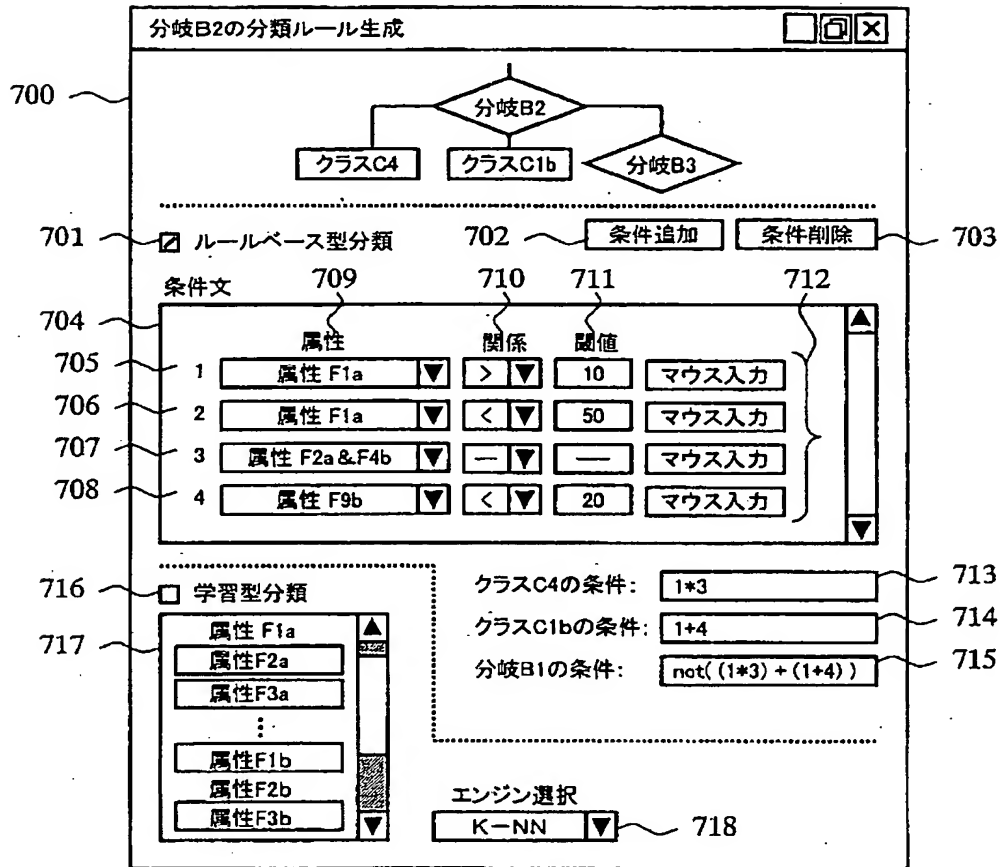
【図 6】

図 6

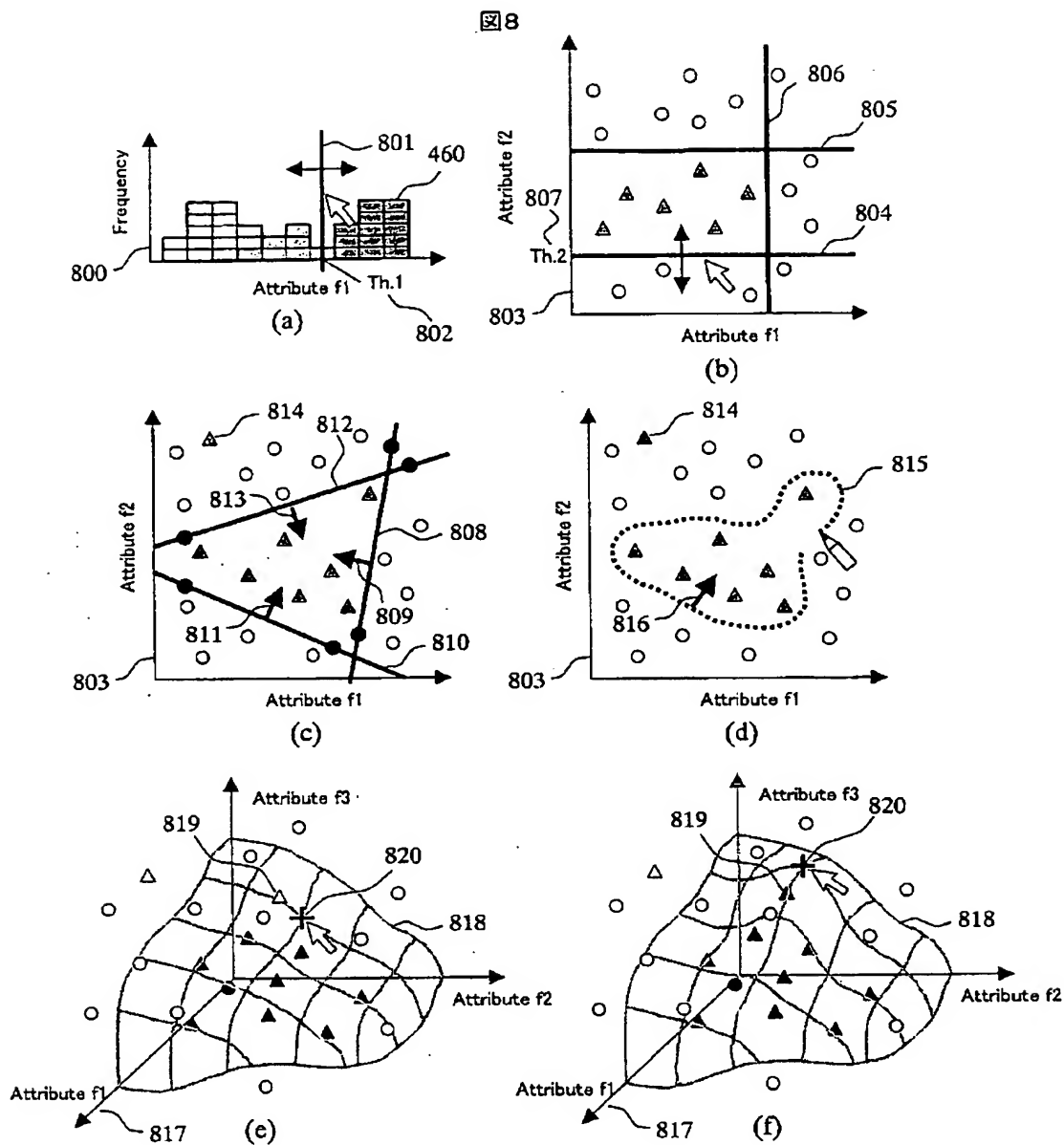


【図 7】

図 7

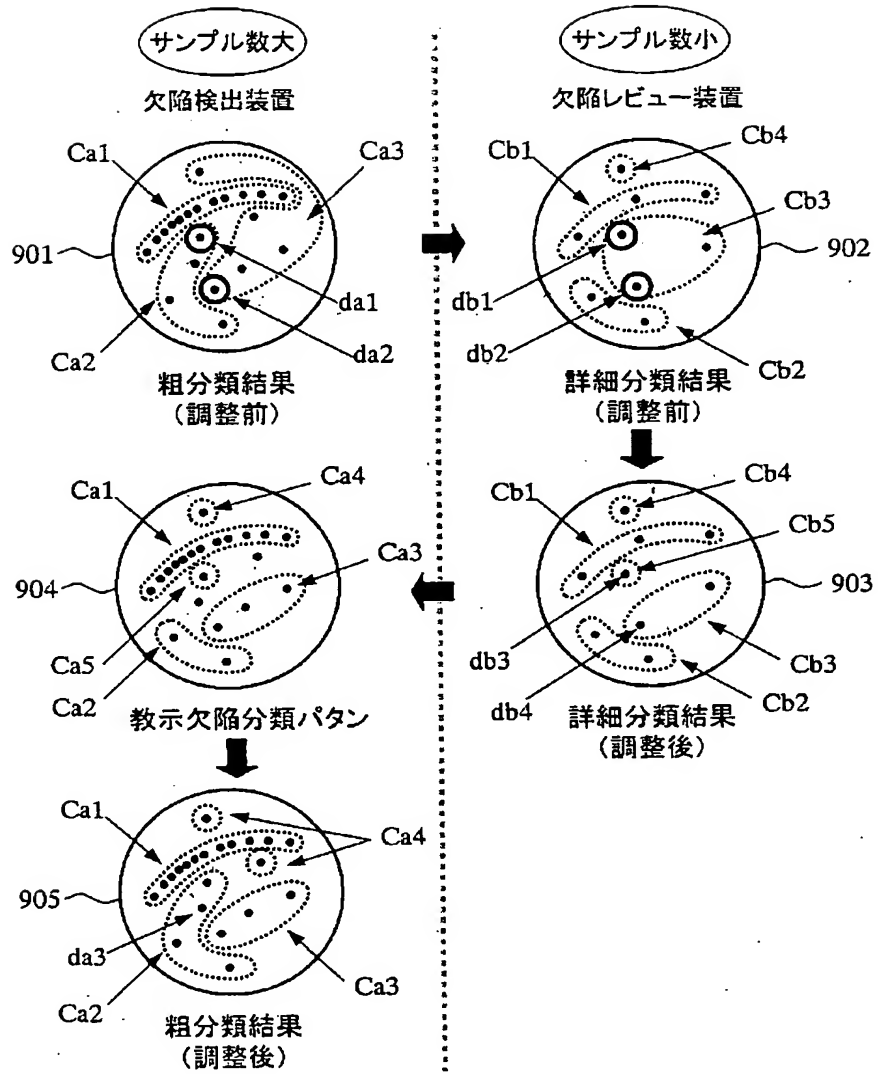


【図 8】



【図 9】

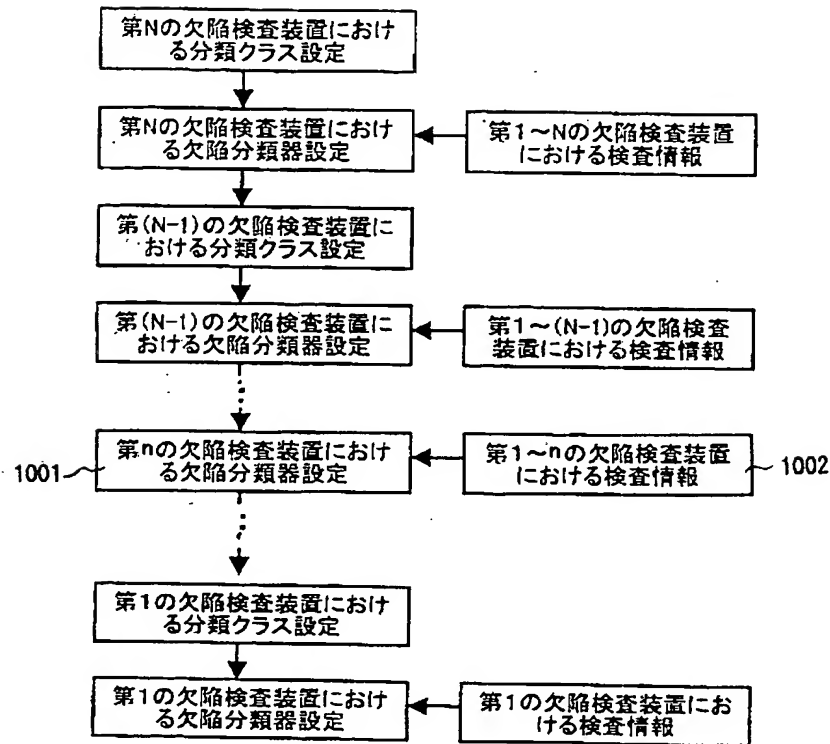
図9



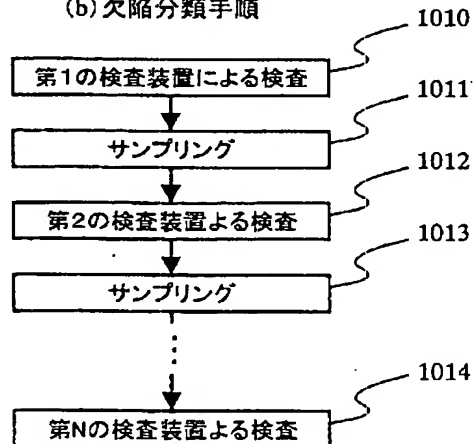
【図 10】

図10

(a) 欠陥分類クラス・欠陥分類器の設定手順



(b) 欠陥分類手順



【図 11】

図 11

① 粗分類結果(調整前)-詳細分類結果(調整前)

↓ Pattern/→ Review		Cb1	Cb2	Cb3	Cb4	
Ca1		3		mix		1101
Ca2	mix		2	1		1104
Ca3	mix			2	1	

② 粗分類結果(調整前)-詳細分類結果(調整後)

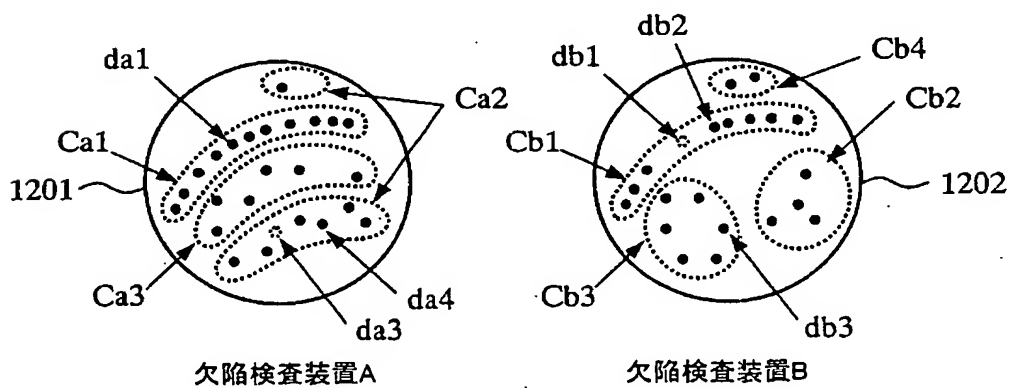
↓ Pattern/→ Review		Cb1	Cb2	Cb3	Cb4	Cb5	
Ca1		3					1102
Ca2	mix		2			1	1105
Ca3	mix			2	1		1106

③ 粗分類結果(調整後)-詳細分類結果(調整後)

↓ Pattern/→ Review		Cb1	Cb2	Cb3	Cb4	Cb5	
Ca1		3					1103
Ca2	mix		2			1	1107
Ca3				2			
Ca4					1		

【図 12】

図 12



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

ユーザの欠陥分類要求を明確化し、前記分類要求をシステム内部の分類基準として組み込むことが可能な欠陥分類器の生成方法並びに欠陥自動分類方法を提供する。

【解決手段】

ユーザの分類要求を満足する欠陥分類器 1 2 0 を生成するために、まず欠陥分類器を複数の分岐要素によって階層的に欠陥分類クラスを分類する決定木 5 0 1 を用いて表現する。前記各分岐要素には個別の分類ルールが割り当てられる。前記決定木の構成および分類ルール指定は、各分岐要素毎にユーザによって教示された欠陥サンプル 5 0 5 の各種属性分布の状態（各欠陥分類クラスに属する欠陥サンプル間の各種属性毎の分離度も含む） 4 5 4、4 0 1 の表示を基に決定される。またユーザの分類要求は、複数の欠陥検査装置から取得された多様な検査情報をほぼ同時に表示する G U I 1 1 0（4 0 1）を用いて明確化される。

【選択図】 図 4

【書類名】 手続補正書
【整理番号】 NT02P1032
【提出日】 平成15年10月28日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
 【出願番号】 特願2003- 47290
【補正をする者】
 【識別番号】 501387839
 【氏名又は名称】 株式会社日立ハイテクノロジーズ
【代理人】
 【識別番号】 100068504
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 小川 勝男
 【電話番号】 03-3661-0071
【手続補正1】
 【補正対象書類名】 特許願
 【補正対象項目名】 発明者
 【補正方法】 変更
 【補正の内容】
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所
 生産技術研究所内
 【氏名】 宮本 敦
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所
 生産技術研究所内
 【氏名】 奥田 浩人
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所
 生産技術研究所内
 【氏名】 本田 敏文
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所
 生産技術研究所内
 【氏名】 高木 裕治
 【発明者】
 【住所又は居所】 神奈川県横浜市戸塚区吉田町 2 9 2 番地 株式会社日立製作所
 生産技術研究所内
 【氏名】 広井 高志
 【その他】 本件の発明者「高木 裕治」を「高木 祐治」と誤って記載したので訂正します。

特願 2 0 0 3 - 0 4 7 2 9 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 1 3 8 7 8 3 9]

1. 変更年月日
[変更理由]

2 0 0 1 年 1 0 月 3 日
新規登録

住 所
氏 名

東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号
株式会社日立ハイテクノロジーズ